UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Evaluación de diferentes niveles de alcachofa (*Cynara scolymus*) en dietas para pollos de engorde y su efecto sobre parámetros productivos, alometría del intestino delgado y órganos linfoides

Mallerly Valderrama Castro

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela de Posgrados
Sede Palmira

Evaluación de diferentes niveles de alcachofa (*Cynara scolymus*) en dietas para pollos de engorde y su efecto sobre parámetros productivos, alometría del intestino delgado y órganos linfoides

Mallerly Valderrama Castro

Tesis de Grado como requisito para obtener el **título de Magister en Ciencias Agrarias** línea de investigación Producción Animal Tropical

Convenio
Universidad del Tolima
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Ibagué – Colombia

Director
Carlos Alfonso Poveda Huertas
M.V.Z., M.Sc., Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela de Posgrados
Sede Palmira
2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
LINEA DE INVESTIGACIÓN PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL

En Palmira a los 21 días del mes de Noviembre de 2014, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por las investigadoras LUZ STELLA MUÑOZ ARBOLEDA y LINA MARÍA PEÑUELA SIERRA.

Para calificar la Tesis de Grado de:

MALLERLY VALDERRAMA CASTRO

Titulada:

"Evaluación de Diferentes Niveles de Alcachofa (Cynara Scolymus) en Dietas para Pollos de Engorde y su Efecto Sobre Parámetros Productivos, Alometría del Intestino Delgado y Órganos Linfoides" bajo la dirección del profesor Carlos Alfonso Poveda Huertas.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por las investigadoras LUZ STELLA MUÑOZ ARBOLEDA y LINA MARÍA PEÑUELA SIERRA, mediante deliberación privada decidieron calificar como:

APROBADA X

REPROBADA ____

LUZ STELLA MUÑOZ ARBOLEDA

LINA MARÍA PEÑUELA SIERRA

Dedicatoria

A *Mis Hijos: Santiago e Isabel Sofía, a quienes les robe tiempo de mama para dedicarme a este proyecto, a mi esposo por su paciencia y a mis profesores por apoyarme incondicionalmente*

Agradecimientos

- A Dios, símbolo de vida quien me regaló a mí hermosa familia, a mi familia, quien me regala cada madrugada y por sobre todo quien me regala el intelecto para consumar cada reto de mi vida.

- Deseo expresar de todo corazón mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos, su ayuda incondicional y por sobre todo su amistad durante la realización de esta investigación, a Paolita, Sonia, Iván, Luis Ferney, este es el esfuerzo de un gran equipo de trabajo, a cada uno de ellos, Gracias:

- A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y Oficina de Investigaciones de la Universidad del Tolima por acogerme y brindarme la oportunidad de volver a estudiar, a mi Decana, Libia Elsy Guzmán, Ph.D, por sus aportes permanentes, mil gracias.

- Carlos Alfonso Poveda Huertas, Ph.D., director del trabajo, quien con su conocimiento y consejos me oriento desde el pregrado hacia la búsqueda de la superación personal y su valiosa amistad.

- Luz Clemencia Fandiño, quien siempre tuvo un consejo a tiempo, amiga incondicional y compañera, dedicada, profunda en sus apreciaciones técnicas, colaboradora y madrina de este proyecto.

Resumen

El presente estudio evaluó la alcachofa (*Cynara scolymus*) en niveles crecientes de inclusión (0%; 1,5%; 2,5% y 4%), en dietas para pollos de engorde y su efecto sobre el desempeño animal, la alometria intestinal y de órganos linfoides. El estudio se estableció en dos experimentos (A: Pruebas de desempeño animal y B: Análisis alométrico y pH fecal), empleando 320 pollos comerciales de la línea Cobb evaluados en tres fases (Fase I: 1-7 días; Fase II: 8-21 días y Fase III: 22-45 días). En el experimento A, se emplearon 160 pollos y se calcularon parámetros de peso corporal (PF), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CV), % de mortalidad (%M), Factor de eficiencia Europeo (FEEP), Factor de Eficiencia Americana (FEA) e Índice de Producción (IP). En el experimento B se analizó la longitud intestinal (LI), peso intestinal (PI), Peso de órganos linfoides (Bazo-Ba, Timo-Ti y Bursa-Bu) cada semana hasta finalizar el experimento, y el pH fecal en los días 1, 7, 21 y 45. Los resultados del experimento A, indican que los parámetros de PF, GP y CV fueron favorables para los tratamientos con inclusión de alcachofa al 2,5% y 4%, siendo la inclusión al 4% favorable para los factores FEEP, FEA e IP. En el experimento B, no se presentaron diferencias significativas ($p>0.05$); sin embargo, los efectos de la inclusión de alcachofa al 2,5% fueron positivos para los parámetros de LI; PI; peso de órganos linfoides (Ti; Ba) y pH fecal. Se sugiere la inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*) al 2.5% y 4% en dietas para pollos de engorde, ya que se lograron parámetros superiores de desempeño animal y de alometría en la investigación, probablemente atribuido a la inulina y oligosacáridos presentes en esta planta, que promovieron un mayor desarrollo de la mucosa digestiva del ave, órganos linfoides y disminución del pH fecal.

Palabras clave: Absorción entérica, Inulina, Salud intestinal.

Abstract

This study evaluated the artichoke (*Cynara scolymus*) in increasing inclusion levels (0%, 1.5%, 2.5% and 4%) in diets for broilers and its effect on animal performance and intestinal morphology. The study was established in two experiments (A: Test animal performance and B: Analysis allometric and faecal pH) using 160 and 112 commercial broiler Cobb line respectively, for a total of 272 animals evaluated in three phases (Phase I: 1-7 days, Phase II and Phase III 8-21 days: 22-45 days). In experiment A, we calculated parameters of body weight (PF), weight gain (GP), feed conversion (CV), % mortality (%M), efficiency factors (FEEP) and production rates (IP). In experiment B, we analyzed the intestinal length (LI), intestinal weight (PI), lymphoid organ weights (spleen-Ba, Tim-Ti and Bursa-Bu) and fecal pH on days 1, 7, 21 and 45. The average results of the experiment indicate that the PF parameter, GP and CV were favorable for artichoke treatments with 2.5% and 4%, the latter being suitable for FEEP factors and IP. In experiment B, there were no significant differences ($p>0.05$), but the effects of the inclusion of 2.5% were positive for LI parameters, PI; lymphoid organ weights (Ti, Ba) and pH fecal. We suggest the inclusion of artichoke (*Cynara scolymus*) 2.5% and 4% in broiler diets as were achieved superior performance parameters animal and allometry in research, probably attributed to inulin and oligosaccharides present in this fruit, who promoted the further development of the bird's digestive mucosa.

Keywords: Enteral absorption, Inulin, Intestinal Health.

Contenido

Pág.

1. Capítulo I. Marco Referencial ***3***

1.1 . Enfoque a la salud intestinal y la salud del ave **3**

1.1.1 . Sistema digestivo del ave 3

1.1.2 . Microestructura del intestino delgado 4

1.1.3 . Microflora del tracto digestivo del ave 6

1.2 Alimentos funcionales y su interacción con la microflora digestiva **7**

1.2.1 Alcachofa (*Cynara scolymus*) 7

- **1.2.1.1. Inulina.** 10
- **1.2.1.2. Fibra dietética.** 14

1.2.1.3 Trabajos realizados con inclusión de inulina en formulación de dietas para animales y humanos. 15

1.2.2 Prebióticos 16

1.2.2.1 Tipos de prebióticos. 19

1.3 Sistema inmunológico del ave **22**

1.3.1 . Inmunidad humoral. 23

1.3.1.1 Inmunoglobulinas del ave. 23

1.3.2 Órganos linfoides del ave 24

- **1.3.2.1. Órganos primarios** 24
- **1.3.2.2. Órganos secundarios** 25

1.3.3 Inmunología nutricional aviar 26

1.3.4 . Respuesta serológica post-vacunal en aves 30

2. Capítulo II. Metodología ***33***

2.1. Localización **33**

2.2. Fabricación de dietas **33**

2.3. Animales **35**

2.4. Experimento A: Paramétros productivos **35**

2.5. Experimento B: Análisis alométrico y pH fecal **36**

2.5.1. Análisis alométrico del sistema digestivo. 36

2.5.2. pH fecal. 37

2.6. Modelo estadistico 37

3. Capítulo III. Resultados y Discusión. *39*

Comportamiento productivo en pollos de engorde *39*

3.1. Primera Fase (1 a 7 días): 39

3.2. Fase dos (8 a 21 días) 40

3.3. Fase tres (22 a 45 días): 41

3.4. Fase completa (1- 45 días): 43

3.4.1. Consumo diário y semanal acumulado / ave (g) 43

3.5. Ganancia de peso / ave (g) 44

3.6. Peso final promedio / ave (g) 45

3.7. Conversión alimenticia 46

3.8. Factor de Eficiencia Europeo (FEEP) 47

3.9. Factor de Eficiencia (EfA) 48

3.10. Índice de productividad (IP) 48

4. Capítulo IV. Parámetros alométricos de pollos de engorde. *51*

4.1. Parámetros alométricos 51

4.1.2. Peso intestinal g / ave 51

4.1.3. Longitud intestinal cm / ave 55

4.1.4. Peso de órganos linfoides g / ave 56

4.1.5. Peso de bursa g/ave 59

4.1.6. Peso de bazo g / ave 60

4.2. Correlación entre variables 62

4.3 pH fecal 63

5. Conclusiones y Recomendaciones *65*

5.1 Conclusiones 65

5.2. Recomendaciones 68

6. Bibliografía *69*

Lista de Tablas

		Pág.
Tabla 1-1	Crecimiento (g/100g de peso corporal) de los órganos digestivos del pollo de engorde calculados a diferentes edades	**4**
Tabla 1-2.	Composición proximal de la Alcachofa (*Cynara scolymus*)	**8**
Tabla 1-3.	Composición de principios nutritivos, minerales, vitaminas y calorías de la Alcachofa	**9**
Tabla 1-4.	Porcentaje de Inulina por peso fresco	**11**
Tabla 1-5.	Utilización de los Fructo-Oligosacáridos como sustrato de crecimiento por parte de las enterobacterias del tracto intestinal	**12**
Tabla 1-6.	Efecto de la suplementación dietética con inulina y oligofructosa en pollos de engorde evaluados en su microflora fecal a los 14, 28 y 42 días.	**18**
Tabla 1-7.	Concentración volátil de amoniaco fecal (ppm) en pollos de engorde suplementados con inulina y oligofructosa	**18**
Tabla 2-1.	Composición porcentual de dietas con niveles de dietas con niveles crecientes de alcachofa	**34**
Tabla 3-1.	Resultados promedios de parámetros productivos de Fase I: 1 – 7 días	**40**
Tabla 3-2.	Resultados promedios de parámetros productivos de Fase II: 8 – 21 días	**41**
Tabla 3-3.	Resultados promedios de parámetros productivos de Fase III: 22 – 45 días	**42**

Tabla 3-4.	Resultados promedios de parámetros productivos acumulados	**43**
Tabla 4-1:	Resultados de peso intestinal (g), de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**51**
Tabla 4-2.	Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del intestino delgado de pollos de engorde calculados a diferentes edades	**53**
Tabla 4-3:	Resultados de longitud intestinal (cm), de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**55**
Tabla 4-4:	Resultados de peso de timo (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**57**
Tabla 4-5.	Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del timo de pollos de engorde calculados a diferentes edades.	**58**
Tabla 4-6:	Resultados de peso de bursa (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**59**
Tabla 4-7.	Resultados de peso de bazo (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**61**
Tabla 4-8.	Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del bazo de pollos de engorde calculados a diferentes edades.	**61**
Tabla 4-9:	Coeficientes de correlación entre las variables del estudio.	**62**
Tabla 4-10:	Resultados de pH fecal de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.	**63**

Lista de Abreviaturas

SIG: Significancia

NS: No significativo

Tto: Tratamiento

CV: Coeficiente de variación

CA: Conversión alimenticia

FEEP: Factor de Eficiencia Europeo

IP: Índice de Producción

EfA: Factor de eficiencia

MOS: Manano-oligosacáridos

FOS: Fructo-oligosacáridos

OND: Oligosacáridos no digestibles

PNA: Polisacáridos no amiláceos

AGCC: Ácidos grasos de cadena corta

Introducción

La Federación Nacional de Avicultores – FENAVI- reportó una producción nacional de pollo de engorde en el 2013 de 1.275.516 toneladas, (Fenavi, 2014). Actualmente Colombia es un país que depende de las importaciones de materias primas para la industria de alimentos balanceados, lo cual, lo hace poco competitivo frente a los precios internacionales de granos tipo maíz, sorgo, soya.

En el mundo, se están realizando investigaciones con nuevos compuestos presentes en la naturaleza, que garanticen al productor una alta eficiencia productiva, y al consumidor final la tranquilidad de poder consumir alimentos libres de trazas de antibióticos, entre otras sustancias nocivas, que se pudieran encontrar en el pollo para consumo humano.

Las políticas de calidad ambiental y seguridad alimentaria, demandan la búsqueda de fuentes no tradicionales de alimentos que ofrezcan nutrientes saludables y de fácil acceso, lo que ha contribuido a que la carne de pollo se incluya cada día más en la dieta de la población mundial. El sector avícola actualmente muestra una tendencia de crecimiento por su demanda en el mercado, conllevando a un aumento en las necesidades de nuevas materias primas en la alimentación de las aves. Entre los productos agrícolas que pueden ser utilizados como fuente de alimentación para los pollos de engorde se destaca la Alcachofa (*Cynara scolymus*) por sus efectos de alimento funcional en la estimulación de los procesos inmunitarios, digestivos y metabólicos como el aumento de la respuesta inmune, la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos tanto en carne de aves como en los huevos (Khurshid et al., 2003). La Inulina y Oligosacáridos (PNA) presentes en la Alcachofa son considerados como fibra dietaría soluble y compuestos

prebióticos, por lo tanto se consideran benéficos para el tracto gastrointestinal ya que no son digeridas por enzimas endógenas del animal, a nivel del intestino promueven el crecimiento y/o actividad de microorganismos benéficos en el tracto digestivo impidiendo el desarrollo de microorganismos patógenos mejorando de esta forma la sanidad en la producción.

Los prebióticos, son sustancias que favorecen la multiplicación de bacterias benéficas en el tracto gastrointestinal que son fundamentalmente fructo-galacto-oligosacáridos presentes en la fibra vegetal, no hidrolizadas por las enzimas digestivas, pero sirven como sustrato para los microorganismos generando ácidos grasos de cadena corta, los cuales desempeñan un importante efecto en el ambiente intestinal, modulando positivamente este ambiente, llegando incluso a estimular el sistema inmune.

A nivel nacional y mundial, se le han atribuido propiedades prebióticos especiales a la Inulina (Fructo-oligosacárido) presente en la Alcachofa, Achicoria, Ajo, entre otras plantas, lo que incluye un fortalecimiento de la inmunidad. Así mismo, estos productos poseen una fibra rica en inulina que podría favorecer la reacción del sistema inmunológico, lo cual puede ser medida, evaluando los niveles séricos de inmunoglobulinas, peso de órganos linfoides, respuesta de anticuerpos y parámetros productos.

Objetivos

General

Evaluación de diferentes niveles de alcachofa (*Cynara scolymus*) en dietas para pollos de engorde y su efecto sobre parámetros productivos, alometría del intestino delgado y órganos linfoides.

Específicos

Evaluar parámetros productivos; consumo de alimento, Ganancia de peso, Conversión alimenticia, Eficiencia, Factor de Eficiencia Europeo (FEEP) Factor de Eficiencia Americana (FEA) e Índice de Producción (IP) de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*) 0%, 1,5% 2.5% y 4%.

Realizar el estudio alométrico de intestino delgado, órganos linfoides de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*) al 1, 7, 21, 45 días de producción.

Establecer el pH fecal de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*) al 1, 7, 21, 45 días de producción.

1. Capítulo I. Marco Referencial

1.1 . Enfoque a la salud intestinal y la salud del ave

1.1.1 . Sistema digestivo del ave

El aparato digestivo del pollo de engorde tiene un desarrollo considerable al nacimiento; sin embargo, es inmaduro en cuanto a su función. Durante la primera semana de vida, los pollitos muestran un aumento rápido en el peso del sistema digestivo, considerando la máxima proporción en relación con el peso corporal de los distintos segmentos del sistema se alcanza entre los 5 u 8 días post-nacimiento. Este aumento de peso es debido a un incremento en la longitud y volumen de las microvellosidades y a un aumento en el número de enterocitos por vellosidad. Al mismo tiempo, la actividad de las enzimas pancreáticas son relativamente bajas en el momento del nacimiento, pero aumenta rápidamente con la edad. En la membrana del intestino delgado, las enzimas tienden a disminuir poco después del nacimiento, para después aumentar de forma gradual (Dunnington & Siegel, 1995).

Akiba & Murakami (1995), indicaron que el intestino de las aves incrementa su peso más rápidamente que el peso corporal total, alcanzando el máximo entre los cuatro a ocho días de edad. En contraste, otros órganos como la molleja y el páncreas no muestran un crecimiento paralelo en su tamaño relativo. Estos resultados, concuerdan con los presentados por Iji, Saki y Tivey (2001) quienes observaron el mayor crecimiento del intestino a los 7 días de edad (Tabla 1-1).

Tabla 1-1. Crecimiento (g/100 g de peso corporal) de los órganos digestivos del pollo de engorde calculados a diferentes edades.

Edad en días	Molleja	Intestino	Páncreas	Hígado	Saco vitelino
1	11.0[a]	4.1[bc]	1.1[d]	4.2	8.14[a]
7	8.0[b]	7.2[a]	0.6[b]	4.7	0.07[b]
14	4.5[b]	5.0[b]	0.4[c]	4.8	0.03[b]
21	3.9[c]	3.7[c]	0.3[c]	3.4	0.01[b]
EE	0.55	0.31	0.04	0.61	0.614

Fuente: Adaptado de Iji *et al.,* 2001

Estos autores observaron que “La tasa de proliferación de los enterocitos llega a su punto máximo al día 7 de edad, mientras que el tiempo de migración del enterocito desde la cripta hasta el ápice (lugar donde muere y es exfoliado al lumen) se incrementa con la edad hasta el día 14 (Iji *et al.,* 2001).

Existen estudios que evidencian que los factores relacionados con la nutrición (fuentes alimenticias suministradas, programas de alimentación, microflora presente en los recursos alimenticios, aditivos y alimentos funcionales) pueden influir de manera significativa en el desarrollo del sistema digestivo del ave.
Entre estos factores que afectan directamente el desarrollo intestinal se puede citar la densidad de nutrientes. El uso de dietas de alta densidad frente a dietas de baja densidad energética reduce el tamaño intestinal en un 16%. La utilización de dietas formuladas con granos de alta viscosidad (cebada, trigo, centeno, etc.) también afecta el desarrollo del sistema digestivo del ave al aumentar su tamaño (Brenes *et al.,* 1993).

1.1.2 . Microestructura del intestino delgado

En los pollos de engorde, de los 7 a los 28 días de edad, el desarrollo en la forma de las vellosidades intestinales es más pronunciado a escala del yeyuno e íleon. En pollos de un día de edad, la mayoría de las vellosidades presentes en el intestino corresponden a vellosidades simples en forma de dedo y pocos en forma de hoja o lengua. Al incrementarse la edad del ave, el área de ocupación de la mucosa del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) por vellosidades en forma de lengua

disminuye de un 82% en el día 7, al 29% en el día 28. En contraste, el área de la vellosidad que es ocupada por vellosidades en forma de canto se incrementa de un 2% en el día 7, al 63% en el día 28 (Van leeuwen *et al.,* 2004; Morales, 2007).

Estos mismos autores, indicaron que el cambio en la forma de las vellosidades de lengua y hoja hacia formas de canto proporciono un mayor ensanchamiento de la vellosidad; otro factor a tener en cuenta, es la orientación de estas vellosidades, en el pollo de engorde, es posible observar una orientación transversal de las vellosidades intestinales en forma de zig-zag principalmente en el yeyuno. La posición transversal en zig-zag de las vellosidades retrasa el paso de la digesta sobre la mucosa digestiva y mejora su contacto con el epitelio, igualmente estimaron que la orientación en zig-zag de las vellosidades del yeyuno es de un 53 al 70% del área de la mucosa al día 7 de edad, siendo este mismo tipo de orientación observado en gallinas de postura de 18 semanas de vida.

Uni *et al*., (1999), establecieron que un incremento en el volumen de la vellosidad con la edad es mayor en el yeyuno e íleon que en el duodeno. El crecimiento del intestino es determinado por el número de criptas intestinales y el tamaño de la superficie de absorción (vellosidad). Asimismo, este autor indico que los exámenes microscopios de la mucosa muestran que la altura de la vellosidad y el área se incrementaron rápidamente a diferentes tasas en los segmentos del intestino delgado de los pollos alcanzando una asíntota entre 6 y 8 días en el duodeno y después de 10 días en el yeyuno e íleon. El tamaño del enterocito cambia muy poco durante este periodo, mientras la profundidad de la cripta se incrementa levemente.

La profundidad de las criptas y la altura de las vellosidades fueron mayores en el duodeno que en el yeyuno e íleon y el crecimiento de la mucosa presento una tendencia similar. El área superficial de la microvellosidad sostuvieron una tendencia creciente similar en las diferentes regiones, mostrando mayores valores en el duodeno seguido del yeyuno (Iji *et al.,* 2001).

1.1.3 . Microflora del tracto digestivo del ave

Según Apajalahti (2003), en el pollo de engorde de 1 día de edad, estimo que la densidad bacteriana puede variar de 10^8 hasta 10^{10} UFC/g de digesta a nivel del íleon y ciegos respectivamente. Posterior a los 3 días de edad, ocurre un incremento en las concentraciones bacterianas, pudiendo observar valores que exceden los 10^9 y 10^{11} UFC/g de contenido digestivo en el íleon y ciegos respectivamente, valores que permanecerán constantes hasta los 30 días de edad.

Las bacterias digestivas derivan la mayor parte de sus requerimientos de energía para su replicación y crecimiento, a partir de los nutrientes poco digestibles para las aves; de esta manera, las bacterias tienen preferencias por algunos sustratos, la composición química y la estructura de la digesta son factores determinantes para el establecimiento bacteriano. En aves jóvenes se ha observado una menor cantidad de especies bacterianas digestivas, al compararlo con lo encontrado en el tracto digestivo de animales adultos; las aves jóvenes presentan un ecosistema microbiológico digestivo inestable y más fácilmente perturbable, diferente a lo que ocurre en aves adultas donde su mayor estabilidad bacteriana la presentaron en el ciego, principal lugar de fermentación (Morales, 2007; Apajalahti, 2003).
Se han aislado alrededor de 200 tipos diferentes de bacterias anaerobias estrictos en íleon y ciego de pollos de engorde, como por ejemplo: cocos gram+ (28%), *Bacteroidacea* (20%), micrococos (6%), *Clostridiaceae* (5%), *Eubacteriaceae* (16%), *Germmiger formicilis* (5%) y *Miscellaneus* (11%) (Barnes *et al.,* 1972; Barnes*.,* 1979)

En las diferentes secciones del intestino delgado, se han hallado bacterias de tipo aerobias y anaerobias, incluyendo géneros de *Streptococcus* o *Enterococcus, Staphylococcus, Lactobacillus* y *E. coli.* En un 9 a 39% del total, bacterias anaerobias como cocos, *Eubacterium, Propionibacterium, Clostridium, Gemmiger* y *Fusobacterium.* (Morales, 2007)

1.2 Alimentos funcionales y su interacción con la microflora digestiva

En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de oligosacáridos o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como “alimento funcional” Roberfroid (citado por Madrigal & Sangronis, 2007); por definición alimento funcional es “Aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional” (Silveira, Monereo & Molina, 2003). El efecto positivo a la salud se refiere a una mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de una enfermedad.

Se consideran alimentos funcionales a los probióticos, prebióticos, simbióticos, los antioxidantes, subproductos secundarios del metabolismo vegetal, lípidos estructurales, ácidos grasos poli-insaturados, subproductos del metabolismo de las grasas, péptidos bioactivos, fibras dietarías, vitaminas y minerales.

1.2.1 Alcachofa (*Cynara scolymus*)

Es una planta perteneciente a la familia de las asteráceas, originaria del Norte de África y Sur de Europa. Para su cultivo, se requiere una temperatura óptima entre los 13ºC y los 24ºC, soportando desde los 7ºC sin heladas y hasta los 29ºC; se pueden alcanzar densidades de siembra hasta de 9.000 plantas/ha. La recolección es manual cortando 8-10 cm del tálamo floral. Los rendimientos que alcanza esta hortaliza es de 12-18 t/ha (Ulmete, 2009).

La Cuenca Mediterránea genera el 90% de la producción mundial. Algunos países, como Italia, Francia y España, donde su producción y consumo es tradicional, producen el 80%. Italia produjo para el 2002, 470.225 t de alcachofa. España es el segundo productor mundial después de Italia con aproximadamente el 30% de la

producción y el primer exportador, realizando el 50-60% de las exportaciones (Ulmete, 2009).

El componente mayoritario de las alcachofas son los hidratos de carbono, entre los que se destaca la inulina y la fibra (Tabla 1-2). Tiene un alto contenido de proteína, sustancias polifenólicas y fructo-oligosacáridos (FOS) principalmente inulina (Goñi, 2005). Los minerales mayoritarios son el sodio, el potasio, el fósforo y el calcio; y entre las vitaminas se destaca la presencia de B1, B3 y pequeñas cantidades de vitamina C. (Ulmete, 2009; Tabarne, 2009) (Tabla 1-3).

Tabla 1- 2. Composición proximal de la Alcachofa (*Cynara scolymus*).

(g /100g) de Materia seca	
Proteína	18,91
Lípidos	1,69
Carbohidratos solubles	12,41
Ceniza	9,31
Fibra (Soluble)	13,47
Fibra (Insoluble)	44,42

Fuente: Goñi (2005)

Tabla 1-3. Composición de principios nutritivos, minerales, vitaminas y calorías de la Alcachofa.

Principios nutritivos	
Grasas	0,1 %
Hidratos de carbono	9,4 %
Cenizas	6,5 %
Sales minerales	
Potasio	0,243 %
Sodio	0,075 %
Calcio (mg)	50 mg
Magnesio	0,042 %
Hierro (mg)	0.5 mg
Fósforo (mg)	90 mg
Azufre	0,052 %
Cloro	0,022 %
Vitaminas	
Vitamina A (U.I.)	270 UI
Vitamina B1	0,25 mg
Vitamina B2	0,25 mg
Vitamina C	0,25 mg
Vitamina K	0,50 mg
Vitamina E	0,25 mg
Calorías (38 calorías)	

Fuente: Tabarne, 2009

La inulina es un compuesto a destacar en la alcachofa, además de otras sustancias que se encuentran en pequeña cantidad, pero dotadas de notables efectos fisiológicos positivos, como por ejemplo:

- *La Cinarina:* es una sustancia ácida que posee un efecto colerético, con capacidad para aumentar la secreción biliar, además es hidrocolerético e hipocolesterolemiante, y disminuye el cociente beta/alfa de las lipoproteínas, también es diurético, los compuestos que contienen cinarina son ideales para el tratamiento de desórdenes gastrointestinales.

Existen alimentos que favorecen la función hepática y biliar, o su recuperación tras una afección, con lo que se mejora la digestión. Los vegetales con ligero sabor amargo, como la alcachofa, la achicoria, la endibia, la escarola, el rábano y la berenjena, contienen cinarina.

Los Esteroles: son compuestos que se encuentran en la alcachofa y tienen la capacidad de limitar la absorción del colesterol en el intestino (Tabarne, 2009).

Algunos autores atribuyen al extracto de la alcachofa, principios activos con propiedades: a) hepático-coleréticas y colagogas que facilitan la emulsión y formación de micelas grasas en duodeno (Gebhard & Fausel, 1997; Fintelmann, 1996) y b) prebióticas intestinales (inulina), que permiten una mayor absorción y biodisposición sistémica de lípidos (Fintelmann, 1996).

- **1.2.1.1. Inulina.**

Es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36.000 especies de plantas, aislada por primera vez en 1804, a partir de la especie (*Inula helenium)*, por el científico alemán Rose. En 1818, Thomson, un científico británico, le dio el nombre actual. (Madrigal & Sangronis, 2007)

Es un glúcido complejo (polisacárido), compuesto de cadenas moleculares de fructosa. Es por lo tanto un fructosano o fructano, que se encuentran generalmente en las raíces, tubérculos y rizomas de ciertas plantas fanerógamas en forma de sustancias de reserva. (Sabater, 2008) Forma parte de la fibra dietética (Tabla 1-4).

Tabla 1-4. Porcentaje de inulina por peso fresco.

ALIMENTO	INULINA (%)	FRUCTOOLIGOSACARIDOS (%)
Ajo	15 a 20	3 a 6
Alcachofa	3 a 20	<1
Achicoria	15 a 20	5 a 10
Cebolla	2 a 6	2 a 6
Diente de león	12 a 15	
Espárragos (raíz)	10 a 15	
Trigo	1 a 4	1 a 4

Fuente*:* Sabater (2008).

Las inulinas son polímeros compuestos principalmente por unidades de fructosa, unidas por enlaces β (2→1) fructosil-fructosa y tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace α (1→2). Las cadenas más pequeñas son usualmente denominadas FOS (Fructo-oligosacáridos), la más simple de las cuales es comúnmente denominada 1-ketosa y se encuentra formada por dos unidades de fructosa y una de glucosa. La hidrolización parcial de las inulinas naturales produce con frecuencia FOS (Madrigal & Sangronis*,* 2007)

La inulina y sus derivados (oligofructosa, FOS) son generalmente llamados fructanos, que están constituidos básicamente por cadenas lineales de fructosa, considerados integrantes de la fibra alimentaria, en particular de la llamada fibra soluble, al ser moderadamente soluble en agua, tiene además la propiedad de formar geles que atrapan gran cantidad de agua. Los subproductos de metabolización de la inulina parece que aumentan el peristaltismo intestinal (Kaur & Gupta*,* 2002) y facilitan la absorción de algunos elementos minerales como calcio (Abrams, Griffin & Hawthorne*,* 2007), fosforo y magnesio (Moynihan, Abrams, Kent, Hsu & Friedlander*,* 2007).

La propiedad de la inulina más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico (Robertfroid*,* 2005), definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (bifidobacterias y

lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (*E. coli* y bacterias de la especie *Clostridium spp*.) (Gibson, Probert, Van Loo, Rastall & Robertfroid, 2004). En la tabla 1-5 se describe el aprovechamiento de los FOS por algunos grupos de bacterias. Entre otras propiedades benéficas de la inulina para la salud, se encuentra: el refuerzo de las funciones inmunológicas (contra el cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, el mejoramiento del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Madrigal & Sangronis, 2007).

Tabla 1-5. Utilización de los fructo-oligosacaridos como sustrato de crecimiento, por parte de las enterobacterias del tracto intestinal.

Enterobacterias	Fructo-Oligosacaridos	Lactulosa	Glucosa
Bifidobacterias			
B. adolescentes	++	++	++
B. bifidum	++	++	++
B. breve	+	++	++
B. longum	++	++	++
Lactobacillus			
L. acidophilus	++	++	++
L. salivarius	++	++	++
L. panforum	++	++	++
Bacteroides			
B. fragilis	++	++	++
B. vulgatus	++	++	++
B. thetai	++	++	++
Clostridium			
C. perfringes	-	++	++
E. coli	-	++	++

++ Crecimiento superior + Crecimiento inferior - No crece

Fuente: Bruneau (2000)

Adicionalmente, según Kaya, Gungor & Karakose (2007), la inulina estimula el crecimiento de la flora bacteriana benéfica ya que pasa por el estómago y el duodeno prácticamente sin sufrir cambios y alcanza el intestino delgado casi sin digerir; pero es hidrolizada y fermentada en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (ciegos, intestino grueso). De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética (Flamm, Glinsmann,

Kritchevsky, Prosky & Roberfroid, 2001). Los fructanos aportan un valor calórico reducido (1,5 kcal/g) si se comparan con los carbohidratos digeribles (4 kcal/g) (Roberfroid, 1999). Esto contrasta drásticamente con las formulaciones probióticas, que tratan de provocar el desarrollo de bacterias lácticas en esa región y para ello se necesita que las bacterias pasen por las condiciones adversas del estómago y primera porción del intestino en cantidad y calidad suficiente para colonizar y desarrollarse en el intestino posterior, lo que obliga a numerosos y costosos desarrollos biotecnológicos tendientes a obtener cepas lo suficientemente resistentes.

Según Yusrizal y Chen (2003), la microflora intestinal normal, como *Lactobacillus spp* o *Bifidobacterium spp*, utilizan inulina u oligofructosa para una fermentación más eficaz que otros grupos bacterianos. Las bifidobacterias y lactobacillus son considerados organismos de la flora intestinal que señalizan el buen funcionamiento del tracto gastrointestinal. Estos microorganismos producen ácidos grasos de cadena corta y lactato, gracias a la inulina y Oligofructosa, creando de esta forma un ambiente ácido que suprime el crecimiento de bacterias nocivas y putrefactivas.
Los factores como la cantidad de fibra, la viscosidad de la fibra y grasas que son refractarias para la digestión tienen efecto sobre el número microbiano y la aptitud de los microorganismos para atacar los enterocitos (Klasing, 1998).

Entre los efectos atribuidos a la inulina y la oligofructosa, se encuentra su habilidad para modificar la composición de la microflora intestinal (mayor cantidad de bifidobacterias), y su actividad metabólica en el ciego e intestino grueso (Roberfroid, Van Loo & Gibson *et al.,* 1998); (Van Loo, Cummings, Delzenne & Englyst, 1999). En general, la mayoría de bacterias del intestino pueden estar divididas en grupos que ejercen efectos perjudiciales (Estafilococos, Clostridios), y otros grupos que ejercen efectos benéficos (Bifidobacterias, Lactobacilos y Eubacterias). Las influencias perjudiciales incluyen infecciones que ocasionan diarrea, deficiente absorción y productos químicos carcinogénicos (Rowland,

Mallett & Wise,. 1985). Por otro lado, las bacterias benéficas pueden inhibir el crecimiento de bacterias patógenas, incluyendo *E. coli, C. perfringens, Salmonella, Listeria, Campylobacter, y Shigella*. Otro beneficio atribuido a las bacterias benéficas es la estimulación de la función inmune, la alta absorción mineral, y la síntesis de vitaminas (Gibson y Roberfroid, 1995).

Se ha observado en estudios llevados a cabo en animales de experimentación y en el hombre que algunos prebióticos parecen tener efecto sobre el metabolismo de los triacilglicéridos, con consecuencias sobre sus niveles hepáticos y/o séricos, aunque los resultados obtenidos dependen del modelo experimental utilizado. Así, Roberfroid (2005), indica que el nivel de triacilglicéridos en el suero se redujo un 36% (valor medio de ocho estudios) en animales que consumían una ración suplementada con 100 g/kg de inulina. En ratas y hámsters no obesos, alimentados con dietas ricas en carbohidratos, se observó una disminución de la concentración de triacilglicéridos hepáticos y séricos cuando se añadían fructanos tipo inulina a la dieta durante varias semanas (Delzenne & Kok, 2001).

- **1.2.1.2. Fibra dietética.**

La alcachofa contiene 13,47g de fibra soluble y 44,42g de fibra insoluble por cada 100 g de materia seca (Goñi*.,* 2005). La principal fuente de sustrato para el desarrollo de la microbiota presente en el tracto intestinal procede la dieta, si bien algunas pueden usar secreciones endógenas tales como células de descamación y secreciones de los órganos. Los azúcares tales como la glucosa tienden a actuar como el principal sustrato de crecimiento en la parte proximal del intestino delgado, mientras que en el ciego e intestino grueso, donde se localiza la mayor parte de la biomasa bacteriana, la fibra de la dieta sirve de sustrato principal para las bacterias. La fibra de la dieta (polisacáridos no amiláceos - PNA), además de la lignina y el almidón resistente se define como aquellos materiales de las plantas que no se digieren por enzimas endógenas y que de forma general pueden ser divididos en dos grupos: los rápidamente fermentables y los que fermentan de forma más lenta.

Los PNA incluyen una gran variedad de moléculas de polisacáridos, a menudo asociados con polímeros fenólicos lignificados, proteína y almidón, que tienen enlaces glucosídicos distintos de los (enlaces) α (1-4), (1-6) del almidón. Los polisacáridos que forman parte de la pared celular vegetal son las pentosas (arabinosas y xilosas), hexosas (glucosa, galactosa y manosa), 6-desoxihexosas (ramnosa y fructosa) y ácidos urónicos (ácidos glucurónico y galacturónico) (Pluske, Pethick & Hampson, 2003).

1.2.1.3 Trabajos realizados con inclusión de inulina en formulación de dietas para animales y humanos.

Sandoval, Fernandez, Terraes & Revidatti en el 2004, estudiaron los efectos de un suplemento con base de extracto seco de alcachofa (*Cynara scolymus*) y cloruro de colina sobre algunas variables bioquímicas de pollos de engorde, observaron que la tasa de proteínas totales, albúminas y globulinas de las aves que recibieron el suplemento dietario superó a las no medicadas.

Chambers et al. (1997), realizó un estudio con pollos de engorde, suplementados con 50 g/kg de inulina de alcachofa (*Cynara scolymus*), 50 g/kg de inulina de Achicoria (*Cichorium intybus*) y un control 80 g/kg de carbohidrato; los animales fueron expuestos a Salmonella, encontrando baja colonización en el ciego de las aves por parte de esta bacteria, en los tratamientos con suplementación con inulina respecto al tratamiento control, con un bajo recuento fecal de salmonella y nula infección por esta bacteria en aquellos animales con el prebiótico.

Loh, Eberhard, Brunner, Hennig, Kuhla, Kleessen & Metges (2006), observaron un mayor recuento de bifidobacterias y una mayor proporción de ácido butírico en lechones que recibieron dietas suplementadas con inulina.

Spencer, Touchette, liu, Newcomb, Kerley & Pace (1997), observaron un resultado benéfico al suplementar dietas para lechones con fructanos, donde so obtuvo mayor longitud de vellosidades intestinales. De acuerdo con Montagne (2007), la

relación vellosidades:criptas es un indicador útil para estimar la digestión de nutrientes y la capacidad de absorción del intestino delgado.

Estudios realizados con cultivos primarios de hepatocitos de ratas, comprobaron que el extracto acuoso de alcachofa produce un bloqueo en la actividad de la enzima hidroximetilglutaril-CoA-reductasa (HMGCoA-reductasa) que interviene en la activación del acetato (primer paso en la biosíntesis del colesterol hepático) (Gebhardt, 1998).

Swanson, Grieshop & Flickiger, (2002), trabajaron con dietas para perros que incluyeron manano-oligosacáridos (MOS) y FOS, observaron un aumento en el recuento de *Lactobacillus* spp y en los niveles de IgA y linfocitos en sangre periférica.

La reducción de los niveles de colesterol y triglicéridos séricos ha sido constatada además en ensayos clínicos realizados en humanos en los que el suministro del extracto de alcachofa produjo, en un corto período de tiempo (43 días), una reducción del colesterol y de los triglicéridos séricos (Fintelmann como se citó en Sandoval *et al.,* 2004).

(Cummings, Christie & Cole, 2001), reportaron que suplementando dietas de humanos con seis prebióticos diferentes, dentro de los cuales se encontraban la inulina, la oligofructosa y almidón resistente, condujo a mayores concentraciones en butirato a nivel fecal cuando adicionaron oligofructosa.

1.2.2 Prebióticos

Los oligosacáridos en general tienen baja digestibilidad incluyendo la Inulina, oligofructosa, MOS, gluco-oligosacáridos, y galacto-oligosacáridos. Son poco digestibles por enzimas endógenas presentes en el intestino delgado de los

animales, pero son fermentados por bacterias presentes en el ciego (Bailey, Blankenship & Cox, 1991).

Diversos estudios demostraron que los prebióticos tienen la habilidad de disminuir la colonización de bacterias como *E. coli* y *Salmonella*, disminuyendo el crecimiento de microorganismos patógenos. Bailey, Blankenship & Cox (1991), estudiaron el efecto de la Oligofructosa en la colonización de *Salmonella* en el intestino de pollos de engorde, alimentados con fructano β (2-1), Yusrizal y Chen (2003), reportaron la disminución en la susceptibilidad de colonización por bacterias patógenas (Tabla 1-6).

De otro lado, la presencia de amoníaco en los planteles avícolas es de gran preocupación para la industria, algunos efectos posibles derivados de esta problemática es la aerosaculitis, infecciones virales y bajas en la producción, una de las alternativas para reducir los olores provocados por el amoniaco es modificar el régimen alimentario de los animales, en este sentido, Yusrizal y Chen (2003), indican que la lactosucrosa ha demostrado potencial en la reducción de amoníaco, así mismo, la oligofructosa e inulina justamente pueden ser una solución para el problema de olores por generación de amoniaco (Tabla 1-7).

Tabla 1-6. Efecto de la suplementación dietética con inulina y oligofructosa en pollos de engorde evaluados en su microflora fecal a los 14, 28 y 42 días.

Grupo Microbial en heces	Edad aves	*Machos*			*Hembras*		
		Control	Inulina	Oligofructosa	Control	Inulina	Oligofructosa
		Log - Unidades Formadoras de Colonias / g					
Agar MRS (*Lactobacillus s.p*)	14 d	9.54^{a}	9.70^{a}	9.72^{a}	9.53^{a}	9.85^{a}	9.74^{b}
	28 d	9.12^{ab}	9.30^{b}	8.81^{a}	9.29^{a}	9.46^{a}	9.34^{a}
	42d	9.19^{ab}	9.07^{a}	9.35^{b}	9.02^{a}	9.27^{b}	9.23^{b}
Total Aerobios	14 d	9.80^{a}	9.74^{a}	10.03^{a}	9.66^{ab}	9.59^{a}	9.97^{b}
	28 d	8.94^{b}	8.96^{b}	8.35^{a}	8.97^{a}	9.40^{b}	8.65^{a}
	42 d	9.15^{a}	8.82^{a}	9.19^{a}	9.13^{a}	8.99^{a}	9.27^{a}
E. coli / Coliformes	14 d	8.66^{a}	8.99^{b}	9.71^{c}	8.77^{ab}	8.99^{b}	8.21^{a}
	28 d	8.89^{b}	8.49^{ab}	8.28^{a}	9.06^{b}	8.61^{ab}	8.18^{a}
	42 d	8.85^{a}	8.31^{a}	8.46^{a}	8.89^{a}	8.43^{a}	8.85^{a}
Campylobacter s.p	14 d	3.95^{a}	4.18^{a}	4.26^{a}	4.03^{a}	4.15^{ab}	4.58^{b}
	28 d	4.25^{a}	3.96^{a}	3.72^{a}	4.32^{a}	4.24^{a}	4.53^{a}
	42 d	5.51^{a}	5.44^{a}	5.36^{a}	5.92^{a}	5.53^{a}	5.61^{a}

Fuente: Adaptado de Yusrizal & Chen (2003)

Tabla 1-7. Concentración volátil de amoníaco fecal (ppm) en pollos de engorde suplementados con inulina y oligofructosa.

Semanas	Machos			Hembras		
	Control	Inulina	Oligofructosa	Control	Inulina	Oligofructosa
1	0.25^{a}	0.33^{b}	0.33^{b}	0.21^{a}	0.42^{ab}	0.59^{b}
2	7.63^{b}	3.13^{a}	3.13^{a}	7.50^{b}	4.13^{a}	2.00^{a}
3	3.63^{b}	5.88^{b}	1.25^{a}	4.38^{b}	5.13^{b}	1.38^{a}
4	14.25^{b}	11.25^{b}	3.50^{a}	10.00^{b}	13.75^{b}	2.93^{a}
5	7.12^{a}	7.50^{a}	5.00^{a}	12.88^{a}	10.50^{a}	9.38^{a}
6	4.13^{a}	2.75^{a}	3.88^{a}	2.56^{a}	2.13^{a}	2.50^{a}

Fuente: Adaptado de Yusrizal & Chen (2003)

La degradación de los prebióticos en el intestino conduce a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en cantidades importantes, principalmente acetato, propionato y butirato, que son absorbidos totalmente en el tracto intestinal. Mientras que el butirato es metabolizado por los enterocitos, el acetato y el propionato alcanzan intactos el hígado a través de la vena porta. Una vez que el acetato entra en el hepatocito, se activa la acetil-coenzima A sintetasa 2, quedando

el acetato incorporado a los procesos de colesterogénesis y lipogénesis. Este hecho se ha propuesto como base del efecto hipercolesterolémico de algunos carbohidratos como la lactulosa, cuya fermentación en el colon da lugar a un aumento de la producción de acetato. De forma contraria, el propionato podría contribuir a la disminución de la lipogénesis y colesterogénesis, al menos in vitro, en los hepatocitos de las ratas (Delzenne y Williams, 2002), ya que es un inhibidor competitivo de la proteína que se encarga de la entrada del acetato a la célula hepática (Ortiz, Velasco, Rodríguez, Roble & Alzuleta*,* 2011).

Ortiz, Rodríguez, Alzueta, Rebolé y Treviño (2009), mostraron que la inclusión de inulina en el alimento incrementó la retención relativa aparente de Ca, y en mayor medida la de Zn (hasta un 35%) y, sobre todo, la de Cu (más de un 450%). Este incremento detectado en la retención de Cu resultó relevante, dada la importancia de este elemento en la formación de puentes de colágeno durante el crecimiento del hueso y su posible repercusión en los animales con necesidades de rápido crecimiento como las que se dan en los pollos de engorde. Así mismo, también se observó un aumento de los niveles de cenizas y Ca en la tibia de los pollos (Ortiz *et al.,* 2011).

1.2.2.1 Tipos de prebióticos.

La mayoría de los prebióticos identificados son carbohidratos y oligosacáridos con diversas estructuras moleculares que están presentes normalmente en la dieta del ser humano y del animal; los carbohidratos dietéticos tales como fibras, son prebióticos, pero los más prometedores son los oligosacáridos no digestibles.

De acuerdo con Roberfroid (2007), para que un compuesto sea considerado un verdadero prebiótico debe cumplir algunos criterios:

En primer lugar debe ser resistente a la acidez gástrica, a la hidrólisis por las enzimas digestivas y no debe ser absorbido a nivel intestinal. Además debe ser fermentable por la microbiota intestinal y debe estimular en forma selectiva el

crecimiento y/o la actividad de la microbiota que contribuye a la salud del hospedero. De acuerdo a estos criterios, sólo dos compuestos poseen actividad prebiótica: la inulina y la oligofructosa. De todas formas, existen otros oligosacáridos que poseen actividad promisoria en este sentido como los galacto-oligosacáridos, la lactulosa, los isomalto-oligosacáridos y los xilo-oligosacáridos.

Se intenta de esta forma, incrementar tanto la cantidad como el ritmo de generación de los productos finales de fermentación de los microorganismos benéficos y promover la estabilidad y diversidad de la microbiota benéfica comensal en el tracto gastrointestinal (Gibson *et al.,* 2004).

El principal mecanismo de acción de los probióticos es la exclusión competitiva, que según Lan, Verstegen, Tamminga y Williams (2005), se define como cualquier acción por parte de los microorganismos comensales del tracto gastrointestinal, que aumenta la resistencia a la colonización por parte de patógenos invasores, tales como la ocupación de los lugares de anclaje en la superficie de la mucosa intestinal, la competencia por los nutrientes y la liberación de bacteriocinas. Por tanto el principal uso de los probióticos es combatir a los microorganismos patógenos (*Salmonella,Campylobacter,* etc.).

Otros compuestos considerados como oligosacáridos prebióticos son los MOS que mejoran el desempeño y la salud de las aves, principalmente, promoviendo la salud del tracto gastrointestinal. De acuerdo con varios investigadores, los MOS no solamente afectan los mecanismos de defensa no inmunológicos del tracto gastrointestinal, sino que funcionan a través de la modulación de las protecciones inmunológicas. Estas propiedades parecen ser factores muy importantes, que se han visto cuando se agrega MOS a las dietas animales (Ortiz, 2004).
La inulina y los FOS actúan como substrato de ciertas especies benéficas, mientras que los MOS parecen tener cierta capacidad de ligazón con las fimbrias de *E. coli*

y *Salmonella*, facilitando su expulsión al no poder establecer esta relación con los terminales de las células intestinales (Cáceres *et Al.*, 2004).

Salgado y Sanabria (1998), estudiaron los MOS, concluyendo que mejoran el desempeño y la salud de las aves, principalmente promoviendo la salud del tracto gastrointestinal ya que al adicionar MOS al tracto gastrointestinal, patógenos como la *E. coli, S. enteriditis, S.typhimurium* y *C.butyricum*, son secuestrados en sus sitios de unión a través de la manosa y por lo tanto evitan la colonización del tracto gastrointestinal. Así mismo, Spring (2000), en su estudio demostró que la adición de MOS en la dieta del pollo de engorde, disminuye significativamente la concentración de bacterias entéricas patógenas en especial la Samonella.

Otros estudios, demostraron que *E. coli* unido a enterocitos puede ser desplazado cuando se expone a un MOS (Oyofo, Droslekey, Norman, Mollenhauer, Ziprin, Corrier & Deloach*,* 1989). En este sentido se están desarrollando compuestos a base de manosa y MOS para inhibir la unión de agentes patógenos a las células epiteliales intestinales, puesto que la manosa parece ser el azúcar con mayores propiedades de adherencia frente a microorganismos patógenos.

Las dosis en el concentrado de los oligosacáridos oscilan entre el 0,1 y 0,5% para los FOS; no debe incluirse otros oligosacáridos por encima del 2%. Niveles más elevados no siempre son benéficos, ya que pueden aumentar los procesos fermentativos, la velocidad de tránsito, la aparición de heces más blandas, y reducir la eficacia de utilización del nitrógeno, lo que retarda la velocidad de crecimiento (Gibson *et al.,* 2004).

1.3 Sistema inmunológico del ave

El sistema digestivo del ave, tiene como funciones principales la digestión, absorción y excreción de nutrientes, así como las de defensa; por ser un órgano inmune cuenta con mecanismos pasivos y activos para evitar la entrada de microorganismos patógenos. El aparato digestivo es el órgano más grande del sistema inmune, ya que su respuesta es muy compleja (inmunidad activa, pasiva y adquirida) (Abraham, Handler, Smith, Hill & Lehman, 1978).

El sistema inmune de las aves comprende dos tipos de inmunidad: innata y de adaptación. La inmunidad innata, incluyen las barreras físicas y químicas, las proteínas de la sangre y las células fagocitarias. La piel, el epitelio de los sistemas respiratorios y digestivos, y las secreciones gástricas son ejemplos de las diversas barreras físicas y químicas para evadir a los patógenos. (Burns, Fernández, Rojo & García*,* 2007).

La inmunidad de adaptación se inicia cuando la inmunidad innata no logra detener a algún patógeno invasor y desarrolla el reconocimiento enfocado a las características moleculares específicas del patógeno, dando como resultado una serie de sucesos que eliminan a dicho patógeno y establecen la protección contra desafíos subsiguientes. Esta protección específica puede ser el resultado ya sea de la inmunidad pasiva o de la inmunidad activa. (Burns, e*t al.* 2007)

La inmunidad pasiva se fundamenta en los anticuerpos maternos presentes al nacer, que proporcionan al pollo protección contra los diferentes agentes con que fue vacunada la gallina o a los cuales se expuso en cualquier periodo de su vida. (Burns, e*t al.* 2007)

La inmunidad activa es la que desarrolla el ave mediante la exposición directa a los patógenos, ya sea por infección natural o por vacunación, y se puede subdividir en inmunidad humoral e inmunidad mediada por células. (Burns, e*t al.* 2007).

En el caso de los mecanismos específicos de acción del sistema digestivo, se encuentran las células epiteliales, anticuerpos y células del sistema inmune; así como, los mecanismos inespecíficos, tienen lugar en este sistema, con la morfología y fisiología entre estas, las barreras físicas, condiciones fisicoquímicas y el proceso inflamatorio. Por otro lado la microflora intestinal también participa como inmunoestimulante de los mecanismos de defensa en el ave (Beltrán, 2009).

1.3.1 . Inmunidad humoral.

Los anticuerpos o inmunoglobulinas son las unidades funcionales de la inmunidad humoral. Son secretados por las células plasmáticas, que son un tipo de linfocitos B. Las inmunoglobulinas se encuentran en los tejidos corporales y en los espacios tisulares, y son más efectivas en la eliminación de los patógenos extracelulares. Reaccionan ante las proteínas de superficie de las bacterias, parásitos o virus, adhiriéndose a moléculas específicas del patógeno. (Burns *et al.,* 2007)

1.3.1.1 Inmunoglobulinas del ave.

En las aves han sido descritas tres clases de inmunoglobulinas análogas a las inmunoglobulinas de los mamíferos, IgA, IgM e IgY (IgG en mamíferos).

Las inmunoglobulinas IgA e IgM del ave son similares en el peso molecular, morfología y movilidad electroforética respecto a sus contrapartes en mamíferos. La IgY es la inmunoglobulina de menor peso molecular en el suero de animales ovíparos, encontrándose principalmente de forma sistémica, aunque es posible encontrarla en contenido duodenal, lavados traqueales y plasma seminal. Es denominada IgY, debido que su cadena pesada es mayor y antihigiénicamente diferente a la cadena pesada de la inmunoglobulina IgG de mamíferos (Leslie & Clew como se citó en Morales, 2007).

1.3.2 Órganos linfoides del ave

Los órganos del sistema inmune del ave se dividen en órganos linfoides primarios o centrales, considerados como la bolsa de Fabricio, medula ósea y el timo, donde ocurre la maduración de los linfocitos y los órganos linfoides secundarios o periféricos como el bazo, la glándula de Harder, las tonsilas cecales y el tejido linfoide asociado a mucosas, en donde se propicia el entorno adecuado para la presentación de antígenos entre la célula presentadora y los linfocitos (Glick, 2000).

- **1.3.2.1. Órganos primarios**
- **Bolsa de Fabricio.** Saco redondo de 1 cm de diámetro localizado de forma adyacente a la cloaca, en su interior se encuentran localizados folículos que contienen linfocitos B, células plasmáticas y macrófagos. En los pollos sufre un rápido crecimiento durante las 3 primeras semanas de edad, logra su máximo crecimiento entre las 5 y 6 semanas de edad, e involuciona antes de la madurez sexual del ave.

- **Timo.** Constituido por seis o siete lóbulos de forma irregular localizados subcutáneamente a ambos lados de las venas yugulares sobre la región torácica del cuello. Produce la hormona timica que promueve la expresión de marcadores celulares tipo T en las células de la medula ósea. El reconocimiento de antígenos en los linfocitos T en relación a los linfocitos B, ocurre a partir de receptores celulares (no inmunoglobulinas) tipo T que reconocen solo antígenos de superficie y permanece como parte integral de la célula.

  El tamaño del timo es un indicador sensible del estado de salud así como de la respuesta tanto aguda como crónica a situaciones de estrés. El estrés determina una respuesta endocrina, liberadora de glucocorticoides y catecoláminas. Dichas sustancias afectan la respuesta inmune, generando una involución de los tejidos linfoides, evidenciada tanto en la respuesta inmune humoral, como en la celular (Mostl como se citó en Perozo *et al.,* 2004).

- **Médula ósea.** Es el lugar donde se produce la sangre (hematopoyesis), porque contiene las células madre que originan los tres tipos de células sanguíneas que son los leucocitos, hematíes y plaquetas.

- **1.3.2.2. Órganos secundarios**
- **Bazo.** Se encuentra localizado dorsalmente respecto al lóbulo hepático derecho. Sufre su mayor velocidad de crecimiento durante las primeras 6 semanas de edad y logra su tamaño máximo a las 10 semanas de edad. En la pulpa blanca se encuentran localizadas zonas de tejido linfático peri-arteriola (CTLP), centros germinales y regiones de pulpa blanca peri-elipsoide. La mayoría de los CTLP de la pulpa blanca del bazo son timo dependiente y contienen linfocitos, macrófagos y células dendríticas.

- **Glándula de Harder, Glándula pineal y Nódulos linfoides.** Estos órganos participan en el sistema de vigilancia inmunológica en los diferentes sistemas; la glándula de Harder está constituida principalmente por linfocitos B y células plasmáticas por lo cual participa en la activación, proliferación y diferenciación de células tipo B y en la producción de anticuerpos. Los nódulos linfoides poseen conductos linfáticos aferentes y eferentes, células T y B, centros germinales y prominentes sistemas de sinusoides linfáticos.

- **Tonsilas cecales.** Presentan células plasmáticas productores de inmunoglobulinas (IgM, IgG e IgA). A los 5 días de edad del ave, los linfocitos T y B, ya están presentes dentro de los centros germinales de las tonsilas. Los centros germinales pueden ser localizados en ambas zonas y contienen macrófagos en sus áreas corticales, aunque los macrófagos están presentes de forma global en las tonsilas cecales, su distribución es más orientada y presente a las áreas de la base del epitelio (Glick, 2000).

1.3.3 Inmunología nutricional aviar

El sistema inmunológico es sensible a las deficiencias dietéticas de energía, lisina y macro minerales, probablemente porque es un sistema de alta prioridad, dotado de leucocitos y transportadores capaces de obtener dichos nutrientes con relación a otros tejidos. La comprensión de las necesidades en materia de nutrientes y la función del sistema inmunológico es facilitar el suministro y la cantidad de nutrientes prioritarios en las dietas que logre un equilibrio para el mismo (Kirk, Klasing & Humphrey*,* 2002).

Se ha demostrado que la microflora intestinal puede afectar a las funciones inmunológicas del tracto gastrointestinal. Las bacterias propias del intestino e incluso microorganismos administrados directamente vía oral estimulan el sistema inmunitario. "*Lactobacillus* apatógeno adherido a enterocitos disminuye la producción de citoquinas inflamatorias" (McCracken, Ning, Mackie & Gaskins*,* 1996). Ciertos probióticos de bacterias acidolácticas pueden estimular a las células asociadas al tejido linfoide intestinal y potenciar la inmunidad sistémica (Takahashi, Oka, Iwana, Kuwata & Yamamoto*,* 1993).

De acuerdo con Barragán (2000), el periodo más crítico desde el punto de vista de la salud intestinal de los pollos de engorde se sitúa entre los 14 y los 30 días de vida, al ser el periodo en el que se establece y estabiliza la población intestinal adulta de los animales. Este periodo resulta ser definitivo para alcanzar un resultado técnico óptimo de los pollos a final del ciclo. Los mayores esfuerzos de control y mantenimiento de una población bacteriana estable deben ser realizados en este periodo.

Algunos probióticos de microorganismos ajenos a la flora intestinal pueden actuar como antígenos y desencadenar cierta reacción inmunitaria que se traduce en una mayor producción de IgM e IgA a nivel intestinal; Takahashi como se citó en Santoma (2000), la administración de *Bacillus* en pollos mejoró los resultados

productivos cuando los animales se criaron en condiciones de elevado nivel microbiano y también cuando se sometió a los animales a un estrés inmunitario, al disminuir los niveles plasmáticos de IL-1. Este tipo de bacterias pueden actuar como adyuvantes orales y producir una mayor resistencia a infecciones entéricas (Santoma, 2000).

Según Pié, Awati, Vida, Williams y Oswald (2007), la utilización de prebióticos puede ser una herramienta útil para modular la producción local de citoquinas inflamatorias en las etapas más susceptibles. Así mismo, estos autores indicaron que la suplementación con carbohidratos fermentables como la inulina y lactulosa, modula la respuesta de citoquinas pro-inflamatorias.

Entre el grupo de los prebióticos, los MOS son derivados de la pared celular de la levadura que muestran un alto grado de antigenicidad debido a sus componentes de mananos y glucanos (Beltrán, 2009), la capacidad de los MOS para captar varios patógenos en el tracto gastrointestinal está basada en la habilidad de unirse a los puntos específicos sobre la pared celular bacteriana, por lo tanto, previenen su colonización.

Según Beltrán (2009), los MOS son capaces de inducir la activación de los macrófagos por medio de la saturación de sus lugares receptores de la manosa, en las glicoproteínas de la superficie celular, que se proyectan de la superficie de la membrana celular de los macrófagos. Una vez que tres o más de esos lugares han sido saturados, se inicia una reacción en cadena que da origen a la activación de los macrófagos y la liberación de citoquinas significando por lo tanto, la instalación de la respuesta de inmunidad adquirida. Esos macrófagos activados son mucho más eficientes que simples destructores de microorganismos invasores, Collet como se citó en Beltrán (2009), demostró el hecho de que los monocitos derivados del bazo de ratones alimentados con MOS, fueron capaces de fagocitar significativamente más células por minuto que aquellos con dieta control.

El mejoramiento de la salud intestinal es una consecuencia del manejo del micro medio ambiente que está reflejado en el hecho que tanto la profundidad de las criptas como el número de células calciformes se reducen en aves alimentadas con prebióticos; al reducir el requerimiento para el reemplazo del epitelio intestinal y la secreción mucosa en respuesta a los daños celulares se mejora la eficiencia en los procesos digestivos y la capacidad de absorción. (Beltrán, 2009).

La fibra fermentable como los MOS, FOS, inulina y los oligosacáridos en general, tienen propiedades prebióticas, favoreciendo el establecimiento de especies bacterianas benignas. Parte de este efecto, es debido a “Niveles altos de ácidos grasos volátiles que promueven el establecimiento de *Lactobacillus* y otras bacterias tolerantes a pH ácidos” (Kirk *et al.,* 2002).

El uso de extractos naturales, programas de alimentación, aditivos o materias primas alternativas, debe tener en consideración su efecto sobre la digestibilidad, el crecimiento animal y su posible efecto sobre la microflora intestinal, de modo especial en el periodo de mayor inestabilidad de la misma (14 a 30 días).

Según Barragán (2000), en la primera fase del pollo de engorde (0 a 15 días de vida), se sugieren sustancias que promuevan la respuesta inmunológica, como consecuente establecimiento de una microflora bacteriana intestinal saludable, que estimule la producción de enzimas endógenas o el desarrollo del epitelio intestinal.

Así mismo, este autor indica que en la segunda fase de crecimiento (15 a 30 días de edad), se prefieren sustancias que protejan y mantengan la integridad el epitelio y la mucosa intestinal en este periodo de máximo riesgo, previniendo la deshidratación celular y el ataque bacteriano patógeno, asegurando una optima digestibilidad de los nutrientes (proteínas), que reducen la humedad de las heces, y aseguran una conversión alimenticia eficiente.

“En periodos superiores a 30 días de edad, no está demostrado que el empleo de estas sustancias sean de real interés, por lo que posiblemente sea mejor dejar su empleo a partir de esta edad, principalmente por el costo actual de este tipo de sustancias, que resultan mucho más elevadas que los antibióticos” (Barragán, 2000).

Otros nutrientes como los beta-glucanos han podido demostrar su eficacia como inmunoestimulantes activando la producción de IgA, incrementando la actividad de macrófagos, células T, B y NK (asesinas naturales) así como ciertos componentes estructurales de las bacterias, como los lipo-polisacáridos. (Estrada, 1998)

Según Vetvicka *et al.,* (1996), cuando los beta-glucanos son administrados oralmente, estimulan los receptores de las células M dentro de las placas de peyer de la mucosa intestinal, lo que provee una señal sistémica mediada por citoquinas que es desencadenada por el sistema linfático asociado al intestino o a mucosas, que estimulan los componentes del sistema inmune.

Otros inmunoestimulantes como los ácidos grasos insaturados omega 3 y 6 sirven de precursores para los eicosanoides que están íntimamente involucrados en decisiones importantes del sistema inmunológico en respuesta a un agente patógeno (Kirk *et al.,* 2002).

Los inmunomoduladores incluyen las vitaminas A, D y E. La vitamina D, ya sea como 25D3 o 1,25D3 tiene efectos inmunomoduladores en los seres humanos, roedores, cerdos y pollos. La vitamina E aumenta las respuestas de los anticuerpos y también amortigua por medio de las células inflamatorias, la respuesta inmunológica en el pollo de engorde. (*Rodríguez, et al.,* 1996)

Rodríguez et al. (1996), indica que la vitamina E protege a la membrana de los macrófagos y de los linfocitos del daño oxidativo al que están expuestos, debido a su rápida proliferación durante la respuesta inmunitaria.

Las técnicas de alimentación también influyen en la respuesta inmunológica; en este sentido Kirk et al. (2002), afirman que la restricción severa del alimento, da como resultado un elevado nivel de glucocorticoides que impide la función normal de las células T y disminuye muchos índices de inmunocompetencia. Sin embargo, la restricción moderada de alimento puede aumentar la inmunocompetencia y disminuir la incidencia de enfermedades infecciosas.

Otro factor a tener en cuenta es el entorno hormonal y los cambios en los niveles hormonales, ya que afectan la capacidad de movilización de los neutrófilos en pollos de engorde, afectando su resistencia a diversos tipos de enfermedades.

1.3.4 . Respuesta serológica post-vacunal en aves

La utilización de la respuesta serológica a la vacunación, como un indicador de la inmunocompetencia de las aves, es una práctica difundida, la inmunización contra la enfermedad de Newcastle ha sido utilizada para inferir sobre el estatus inmunológico en pollos de engorde (Beyer *et al.,* 1991). Por su parte los indicadores morfométricos de los órganos linfoides están relacionados directamente con la inmunocompetencia de las aves, por ejemplo, el coeficiente o relación entre el Bazo y la Bursa de Fabricio es utilizado como una lectura física de la capacidad de respuesta inmune en pollos de engorde (Pulido *et al.,* 2001). Perozo et al. (2004), reportaron que la determinación de los índices morfométricos de los órganos linfoides de pollos de engorde, es un método de diagnóstico que permite conocer la condición inmunológica del lote; sin embargo, para ello es necesario crear una base de datos que permita establecer criterios sobre el status inmunológico de las aves, considerando factores como genética del ave, factores de manejo y medioambientales propios de la explotación.

Iji et al. (2001), realizaron un experimento, donde se evaluó el efecto del peso de aves pertenecientes a dos líneas genéticas sobre el peso de los órganos linfoides y la inmunocompetencia, concluyendo que las aves con órganos linfoides de mayor tamaño, respondieron mejor a los desafíos que las aves con órganos linfoides de menor tamaño. Estos autores concluyeron que la selección genética basada en el tamaño de los órganos linfoides, afecta las subpoblaciones linfocitarias. Existen una serie de factores del entorno del lote de aves que afectan el tamaño de los órganos linfoides como lo son la genética de las aves, exposición a tóxicos y/o agentes infecciosos (Carabaño, 1999).

Kwank como se citó en Perozo et al. (2004), Indicaron que el desarrollo de la inmunocompetencia depende del desarrollo de los órganos encargados de la misma; ante este panorama, diseñaron un experimento para determinar la influencia de la concentración de Arginina en la dieta sobre el desarrollo de los tejidos linfoides, según sus resultados, dietas pobres en este aminoácido, afectaron el desarrollo de los órganos linfoides, desencadenando estados inmunosupresivos en las aves. La importancia de evitar disfunciones temporales o permanentes del sistema inmune de lotes de aves, afecta directamente su capacidad para sintetizar anticuerpos, sustancias humorales: citoquinas, interferón y proteínas del sistema complemento, afectando el número y funcionalidad de los glóbulos blancos, disminuyendo de esta forma la capacidad quimiotáxica y fagocítica de heterófilos, monocitos y macrófagos, conllevando por lo tanto a la minimización de la resistencia a enfermedades y comprometiendo la respuesta productiva del lote (Perozo *et al.,* 2004).

2. Capítulo II. Metodología

2.1. Localización

El presente estudio se realizó en Centro Universitario Regional del Norte (CURDN) de la Universidad del Tolima, ubicado en la vía Ibagué-Armero Guayabal a 85 km. Este centro tiene un área de 700 hectáreas, a una altura de 550 msnm. El clima del área corresponde a bosque seco tropical (bs. T), según el esquema de Holdrige con una precipitación media anual 1738 mm anuales y una distribución bimodal, siendo julio el mes más seco y noviembre el más lluvioso, con una humedad relativa de 71% y una temperatura promedio de 27°C se utilizó un galpón experimental de 32 m de largo por 8,3 m de ancho, de estructura metalica, piso de cemento y teja de eternit, con orientación de oriente a occidente, el galpón contenia 63 corrales con sus respectivas divisiones en malla y madera.

2.2. Fabricación de dietas

Se manejo un sistema de alimentaciòn por fases, utilizando tres dietas por tratamiento, la presentaciòn del alimento fue en harina durante las diferentes fases; se elaboraron 4 tratamientos con diferentes niveles de inclusión de alcachofa de 0%, 1.5%, 2.5% y 4% para cada una de las fases productivas como se indica en la tabla 2 – 1, dieta de iniciación (1 a 7 días); dieta de levante (8 a 21 días) y dieta de finalización (22 a 45 dias de edad), de acuerdo a los requerimientos nutricionales para aves (Rostagno, 2011).

La alcachofa se adicionó a las dietas en forma de harina luego de ser secada en una estufa a 60ºC por 12 horas y molida.

Tabla 2-1: Composición porcentual de dietas con niveles crecientes de Alcachofa.

INGREDIENTES	Niveles de inclusión de Alcachofa											
	FASE I: Iniciación				FASE II: Levante				FASE III: Finalización			
	T1 (0%)	T2 (1,5%)	T3 (2,5%)	T4 (4%)	T1 (0%)	T2 (1,5%)	T3 (2,5%)	T4 (4%)	T1 (0%)	T2 (1,5%)	T3 (2,5%)	T4 (4%)
Alcachofa	0	1,50	2,50	4,00	0	1,50	2,50	4,00	0	1,50	2,50	4,00
Maíz	29,12	27,28	26,04	24,19	25,66	23,82	27,68	20,7	23,45	21,6	30,57	20,55
Sorgo	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,00
H. Arroz	5,00	5,00	5,00	5,00	10,00	10,00	5,00	10,00	15,00	15,00	5,00	15,00
Aceite	4,02	4,30	4,49	4,77	5,70	5,97	5,51	6,44	7,31	7,59	6,47	7,99
Torta de soya	37,98	38,07	38,13	38,22	35,01	35,10	35,69	35,25	30,85	30,93	32,05	31,12
Fosf. Bicalcico	1,87	1,83	1,81	1,78	1,71	1,67	1,71	1,62	1,50	1,47	1,56	1,41
Carbonato Ca	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,96	1,01	0,95	0,97	0,91	0,99
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Premezcla	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Lisina	0,42	0,42	0,42	0,42	0,29	0,29	0,29	0,29	0,27	0,27	0,28	0,28
Met + Cis	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Analisis de Nutrientes												
PC	22.1	22.1	22.1	22.1	21.1	21.1	21.1	21.1	19.7	19.7	19.7	19.7
EM	2960	2960	2960	2960	3050	3050	3050	3050	3150	3150	3150	3150
Lis	1.50	1.50	1.50	1.50	1.31	1.31	1.31	1.31	1.21	1.21	1.21	1.21
Met	1.07	1.07	1.07	1.07	0.93	0.93	0.93	0.93	0.87	0.87	0.87	0.87
P.disp	0.47	0.47	0.47	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.42	0.42	0.42	0.42
Ca	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90	0.84	0.84	0.84	0.84

Las dietas fueron preparadas en el laboratorio de nutricion animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima según los requerimientos establecidos en Rostagno 2011 y formuladas mediante el programa UNEForm de la Unversidad New England - Australia.

2.3. Animales

Se utilizaron en total 320 pollos machos de la linea Cobb, de 1 día de edad, los cuales se dividieron en dos experimentos (Experimento A: 160 animales para pruebas de comportamiento productivo) y (Experimento B: 160 animales para evaluacion alometrica y pH fecal).

Para cada experimento (A y B) las aves fueron selecionadas y distribuidas al azar en cuatro tratamientos, cada uno compuesto 40 aves divididas en 4 repeticiones, cada uno conformado por 10 aves para un total de 16 corrales para cada experimento. Las aves fueron mantenidas desde el primer dìa de edad de acuerdo a las condiciones de la tabla de manejo de la lìnea.

Las aves se recibieron con agua y alimento a voluntad, durante la fase inicial se dio calefacción a los pollitos y se instalo comedero y bebedero tipo BB, a partir de la primera semana este fue sustituido por un comedero de tarro y bebedero automático. El control de la calefaccion y el manejo de cortinas se realizo de acuerdo a las necesidades de las aves. Las aves fueron recibidas con la vacuna de Marek y durante el experimento fueron vacunadas contra Newcastle, Bronquitis y Gumboro en el agua de bebida.

En cada una de las unidades experimentales se suministro alimento a diario, durante la primera semana se peso cada dia el alimento sobrante para evitar desperdicio, en las semanas siguientes se hizo entre dos a tres pesajes para descontar el alimento sobrante en los comederos y de esta manera calcular el promedio acumulado semanal. El alimento se suministro una sola vez al dia, a la misma hora.

2.4. Experimento A: Paramétros productivos

En las pruebas de comportamiento productivo se evaluaron los parámetros en tres fases de producción (Fase I: 1-7 días; Fase II: 8-21 días y Fase III: 22-45 días), con

el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de las aves, analizando las siguientes variables:

- Peso corporal: los datos fueron recolectados semanalmente.
- Ganancia de peso: indicado como: peso final – peso inicial / Nº de días.
- Conversión alimenticia: indicada como, consumo de alimento / ganancia de peso de las aves
- Porcentaje de mortalidad: determinada como: Nº aves muertas X 100/Total de aves del experimento.
- Factor de Eficiencia: indicada por: peso promedio al sacrificio X viabilidad% X 100/edad al sacrificio X consumo promedio al sacrificio
- Factor de eficiencia europeo (FEEP): ((Viabilidad X peso vivo)/(edad (días) X Conversión alimenticia)) X 100
- Indice de producción (IP): (Efa/Conversión Alimenticia) **X** 100

2.5. Experimento B: Análisis alométrico y pH fecal

Este experimento se realizo paralelamente con el experimento A, para no afectar con el manejo y sacfrificio de pollitos los parametros productivos. Se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el comportamiento del desarrollo de las diferentes porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), además del desarrollo de algunos organos linfoides (timo, bazo y bursa de fabricio)

2.5.1. Análisis alométrico del sistema digestivo.

Cada semana durante 7 semanas se seleccionaron al azar 4 aves por repeticion para un total de 16 animales por tratamiento, las cuales se pesaron de manera individual, para llevarlas al proceso de sacrificio. Para un total de 112 aves muestreadas, a las cuales se les determinó:

Longitud del intestino: la grasa abdominal fue eliminada (Kubena *et al.,* 1993). La longitud del intestino fue determinado midiendo la longitud total del intestino delgado y sus porciones (duodeno, yeyuno e ileon).

Peso del intestino y órganos linfoides: Se pesaron las porciones del intestino delgado y órganos linfoides (bazo, timo, bursa) cada semana.

2.5.2. pH fecal.

El pH la materia fecal fue medido cada semana, usando un potenciometro (LS Ejemplar, Cía. de Sargent-Welch, Springfield, NJ). Se colocaron 20 g del material fecal en copas de 100 ml y se llevaron al laboratorio para las mediciones del pH.

2.6. Modelo estadistico

En la evaluación de comportamiento productivo, se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (dietas) con diferentes niveles de inclusión de alcachofa de (0%, 1.5%, 2,5% y 4%), 4 repeticiones y 10 animales por repetición, para un total de 160 animales evaluados durante 45 días del experimento.

Para las pruebas de evaluación alométrica y pH fecal, se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos en los cuales se utilizaron diferentes niveles de inclusión de alcachofa de (0%, 1.5%, 2,5% y 4%), 7 semanas y 4 repeticiones (aves), para un total de 160 animales para muestrear.

Los análisis estadísticos fueron realizados por el programa SAEGE versión 4.0 de la Universidad Federal de Viçosa.

Para el análisis de los resultados del experimento, se aplicó análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos. A los valores que resultaron significativos se les aplicó la prueba de Duncan y se utilizaron métodos de regresión lineal para determinar el comportamiento de los valores.

El modelo estadístico se describe así:

$$\mathbf{Y = \mu + T_i + E_{ij}}$$

Dónde:

Y = Respuesta del tratamiento en esta repetición

μ = Media general

T_i = Efecto del k – enésimo tratamiento del nivel de alcachofa (0%, 1,5%, 2,5%, 4%,)

E = Error de la ij- enésima repeticiones.

3. Capítulo III. Resultados y Discusión.

Comportamiento productivo en pollos de engorde

3.1. Primera Fase (1 a 7 días):

Al evaluar la primera fase del experimento (1 a 7 días de vida), no se presentaron diferencias estadísticas entre las variables estudiadas (Tabla 3-1); sin embargo, se observó que los pollos a los que se les suministró dietas con 1,5%; 2,5% y 4% de inclusión de alcachofa, tuvieron mayor consumo de alimento diario, ganancia de peso y pesos promedios comparados con el tratamiento control.

El tratamiento 3 con 2,5% de inclusión de alcachofa obtuvo la menor conversión alimenticia, atribuido principalmente a que se presentó un consumo de alimento por debajo de la media general, pero el mayor peso final a los 7 días (126,88 g) con respecto a los demás tratamientos.

En relación a la ganancia de peso, los resultados obtenidos en el T3 superaron porcentualmente a los resultados de las demás niveles de inclusión en 6.02% (T1), 1.64% (T2) y 5.02% (T4) respectivamente.

Tabla 3-1. Resultados promedios de parámetros productivos de Fase I: 1 – 7 días

Parámetros de Fase I: 1-7 días	Niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 (0%)	T2 (1,5%)	T3 (2,5%)	T4 (4%)			
Peso inicial (g)	41,95±1,25	42,76±1,82	42,76±1,82	43,74±1,42	42,80 ±0,89	1,56	NS
Peso final (g)	121,00±4,56	125,50±6,51	126,88±3,7	123,63±2,09	124,25 ±4,63	3,63	NS
Ganancia peso (g)	79,05±4,2	82,74 ±6,82	84,12±4,11	79,89±0,9	81,45 ±4,63	5,64	NS
Consumo acum (g)	118,67±2,01	146,48±23,19	119,25±13,47	125,23±8,43	127,41 ±24,9	19,26	NS
Consumo día (g)	16,95±0,031	20,93±3,3	17,04±1,89	17,89±1,19	18,20 ±3,54	19,20	NS
Conversión Alimenticia	1,50 ±0,05	1,81±0,74	1,42±0,15	1,57±0,13	1,58 ±0,38	24,19	NS
Mortalidad (%)	0	0	0	0			

[a, b]: Promedios con letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencias significativas: * Significativo p<0.05

****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

Yusrizal & .C. Chen (2003), evaluaron la eficacia de la adición de fructanos de achicoria en la alimentación de pollos de engorde, entre ellos la inulina. En la fase de iniciación la mayor ganancia de peso fue la del tratamiento con inclusión de inulina (147.27g) en comparación con 137.99 g y 134.27 g (inclusión de oligosacáridos) y el tratamiento control respectivamente encontrándose diferencias significativas (p<0,05); resultados similares se encontraron en este experimento donde se obtuvieron los mejores resultados de ganancia de peso en el tratamiento con inclusión de alcachofa (prebiótico).

3.2. Fase dos (8 a 21 días)

Al evaluar la segunda fase del experimento (8 a 21 días), los pollos tuvieron un peso final promedio para los tratamientos control (T1); 2,5%(T3), 1,5% (T2) y 4%(T4) de inclusión de alcachofa respectivamente. Se presentaron diferencias altamente significativas (p<0,01) entre T1 con T2 y T4 y similares con el T3. Estos resultados son inferiores a los recomendados por Rostagno (2011) de 814 g para pollos de desempeño medio (Tabla 3-2). En igual relación, las ganancia de peso promedio presentaron diferencia significativas (p<0,01) entre el T1 con T2 y T4 y similares con T3.

En cuanto al consumo acumulado no presentaron diferencias significativas (p>0.05) entre los tratamientos con una media de 855,44g. Igualmente para el consumo animal/día se presentó la misma tendencia estadística con un consumo promedio de los tratamientos de 61,1 g.

La conversión no presento diferencia significativas (p>0.05) entre tratamientos, peso sí diferencias numéricas entre T4 (1,55) y T1 (1,47) que representa un 5,16% mayor con relación con el T1.

Tabla 3-2. Resultados promedios de parámetros productivos de Fase II: 8 – 21 días.

Parámetros de Fase II: 8-21 días	**Niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*)**				**Media**	**Coeficiente Variación**	**Sig.**
	T1 (0%)	**T2 (1,5%)**	**T3 (2,5%)**	**T4 (4%)**			
Peso inicial (g)	121,00±4,56	125,50±6,51	126,88±3,7	123,63±2,09	124,25 ±4,6	3,632	NS
Peso final (g)	705,75±12,44[a]	674,50±8,06[ab]	703,00±17,62[a]	668,25±19,08[b]	687,88±21,8	2,174	**
Ganancia peso (g)	584,75±12[a]	549,00±5,79[b]	576,13±16,81[ab]	544,63±17,5[b]	563,63±21,6	2,457	**
Consumo acum (g)	857,83±7,97	848,18±35,37	874,38±23,95	841,38±19,33	855,44±25,6	2,894	NS
Consumo día (g)	61,27±1,15	60,58±2,51	62,46±1,72	60,10±1,41	61,10 ±1,83	2,908	NS
Conversión	1,47±0	1,54±0,06	1,52±0,05	1,55±0,05	1,52 ±0,04	2,993	NS
Mortalidad (%)	0	0	0	0			

[a, b]: Promedios con letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencias significativas: * Significativo p<0.05

****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

Asimismo, al analizar la ganancia de peso semanal, se presentó diferencia altamente significativa (p<0,01) entre tratamientos, resultando como era de esperarse, debido a los mayores consumos, las mayores ganancias de peso para los tratamientos control y al 2,5% de alcachofa con valores promedios de 584,75 g y 576,13 g respectivamente.

3.3. Fase tres (22 a 45 días):

Al evaluar la última fase del experimento (22 a 45 días), no se presentaron diferencias estadísticas (p>0.05) entre tratamientos para de las variables evaluadas; sin embargo, los tratamientos al T3 (2.5%) y T4(4.0%) de inclusión de

alcachofa presentaron los mayores pesos finales a los 45 días de edad, con respecto a los demás tratamientos de inclusión de alcachofa respectivamente (Tabla 3-3).

El consumo acumulado y el consumo animal/día no presentaron diferencias significativas (p>0.05) con medias de 3159,51 g y 150,45g respectivamente para todos los tratamientos.

Los tratamientos T1 (control), T3 (2,5%) y T4 (4.0%) de inclusión de alcachofa, presentaron conversiones alimenticias favorables. Además, se presentó una mortalidad promedio de 1,25% favorable para las condiciones del experimento.

En esta etapa, el tratamiento que mostró resultados superiores para todas las variables estudiadas fue el T4 (4.0%) de inclusión de alcachofa, sugiriendo que la inclusión de esta materia prima en las dietas para pollo de engorde no afecta los parámetros productivos, y por el contrario mejora las variables estudiadas con respecto a las demás inclusiones y al tratamiento control.

Tabla 3-3. Resultados promedios de parámetros productivos de Fase III: 22 – 45 días.

Parámetros de Fase III: 22-45 días	**Niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*)**				**Media**	**Coeficiente Variación**	**Sig.**
	T1 (0%)	**T2 (1,5%)**	**T3 (2,5%)**	**T4 (4%)**			
Peso inicial (g)	705,75±12,44	674,50±8,06	703,00±17,62	668,25±19,08	687,88±21,8	2,174	
Peso final (g)	2592,83±233	2428,33±47	2607,50±107	2720,63±182	2587,32±179	6,152	NS
Ganancia peso (g)	1887,08±226	1753,83±40,74	1904,50±117,3	2052,38±193,67	1899,45±181	8,494	NS
Consumo acum (g)	3109,73±59,32	3155,05±106,31	3192,75±70,3	3180,5±136,94	3159,51±104	3,498	NS
Consumo día (g)	148,08±5,65	150,24±5,07	152,04±3,25	151,45±6,5	150,45±4,95	3,494	NS
Conversión	1,65±0,25	1,80±0,08	1,68±0,13	1,55±0,15	1,67 ±0,17	9,900	NS
Mortalidad (%)	2,5±5	2,5±5	0	0	1,25%		

[a, b]: Promedios con letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencias significativas: * Significativo p<0.05

****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

Los resultados de esta fase productiva, no coinciden a los reportados por Yusrizal & T.C. Chen (2003), quienes reportaron a los 42 días de edad **un peso mayor** para el tratamiento control 2210.79 g que el tratamiento con inclusión de inulina 2180.66g, además son inferiores a las recomendaciones de Rostagno (2011) para pollos de 45 días con 3.116 g.

3.4. Fase completa (1- 45 días):

Al evaluar el ciclo completo, solo se presentaron diferencia estadística significativa para la conversión alimenticia con resultado favorable para el tratamiento T4 (4.0%) de inclusión de alcachofa con valor de 1,55 con respecto a los demás tratamientos con valores de 1,61: 1,74 y 1,63 para los tratamientos T1 (1,5%) y T3 (2,5%) de alcachofa respectivamente (Tabla 3-4).

Tabla 3-4. Resultados promedios de parámetros productivos acumulados

Parámetros Acumulados 1 – 45 días	Niveles de Alcachofa (*Cynara scolymus*)				Media	Coef. Variación	Sig.
	T1 (0%)	T2 (1,5%)	T3 (2,5%)	T4 (4%)			
Peso inicial (g)	41,95±1,25	42,76±1,82	42,76±1,82	43,74±1,42	42,80 ±0,89	1,563	
Peso final (g)	2592,83±233	2428,33±47	2607,50±107	2720,63±182	2587,32±179	6,152	NS
Ganancia peso (g)	2550,88±232,9	2385,57±46,73	2564,74±106,7	2676,89±182,3	2544,52±178	6,247	NS
Consumo acumulado (g)	4086,23±132,9	4149,69±103,6	4186,38±94,09	4147,10±135,65	4142,35±112	2,847	NS
Conversión Alimenticia	1,61±0,16[ab]	1,74±0,05[a]	1,63±0,095[ab]	1,55±0,095[b]	1,63 ±0,14	6,680	*
Mortalidad (%)	2,50	2,50	0	0	1,25%		
FEEP	348,90±69,56	302,40±9,59	346,60±35,46	380,30±52,57	344,60		NS
EfA	161,00±29,94	139,60±5,96	160,00±15,96	175,50±23,66	159,00		NS
IP	100,00±29,38	80,20±5,6	98,10±16,06	113,20±23,74	97,90		NS

[a, b]: Promedios con letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencias significativas: * Significativo p<0.05

****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

3.4.1. Consumo diário y semanal acumulado / ave (g)

Al evaluar el consumo día en cada una de las fases, se observa que los tratamientos con inclusión de 2,5% y 4% de alcachofa, no se encontró direrencias significativas, sin embargo, obtuvieron mayores consumos en todas las fases respecto a los demás tratamientos. En cuanto al consumo semanal acumulado /

ave (g), con la utilización de diferentes niveles de alcachofa en las dietas suministradas, se observó un mayor consumo por parte de los animales para las inclusiones al 2,5% (T3); 1,5%(T2) y 4% (T4) superiores al tratamiento control (T1).

3.5. Ganancia de peso / ave (g)

Al evaluar la ganancia de peso por ave en todo el ciclo productivo se obtuvo la mayor ganancia de peso para el tratamiento con 4% de inclusión de alcachofa.

El anterior comportamiento se observó reflejado en la última fase del experimento, ya que en la primera y segunda fase la mayor ganancia de peso la presentó el tratamiento con 2,5% de alcachofa; sin embargo estos dos tratamientos (2,5% y 4%) mostraron en todo el ciclo valores favorables para este parámetro.

Los resultados de Yusrizal & Chen (2003) encontraron que la inulina o los FOS, incorporados a una concentración de 10 g/kg, mejoraron los aumentos de peso vivo. Xu, Hu, Xia, Zhan & Wang. (2003) también observaron mejoras en los aumentos de peso vivo cuando adicionaron FOS a la dieta control (4 g/Kg), estos resultados son similares a los de este experimento con las mejores ganancias de peso en los tratamientos con inclusión de alcachofa.

Yusrizal & T.C. Chen (2003), reportaron pesos finales inferiores a los del presente estudio con valores promedios de 2210.79 g; 2180.66g y 2262.35g/ave durante 42 días del experimento para dietas control, con inclusión de inulina y con inclusión de oligosacaridos respectivamente, resultando los menores pesos para dietas con inclusión de inulina

3.6. Peso final promedio / ave (g)

Al evaluar el peso final promedio por ave en todo el ciclo productivo se obtuvieron los mayores valores para los tratamientos T3 (2,5%) y T4 (4%) de inclusión de alcachofa. Este comportamiento fue similar en todas las fases productivas estudiadas.

Los resultados del presente estudio, difieren a los reportados por Pardo & Gómez (2009), quienes observaron con el suministro de MOS un menor peso promedio por ave (1970 g), con respecto al control sin MOS con pesos promedios de 2070 g, principalmente atribuible a que las aves que se les suministro MOS presentaron un menor consumo acumulado, siendo reflejo de su peso final alcanzado.

Fairchild, Grimes, Jones, Wineland, Edens, Sefton. (2001); indicaron que con la utilización de prebióticos las aves tienen un mejor desempeño en cuanto a la ganancia de peso (168 gr / día), frente a 160 g/ día con la utilización de antibióticos en la dieta, lo cual, fue similar con este experimento, donde se encontró la mejor ganancia de peso en los tratamientos con inclusión de alcachofa.

Benítez et al. (2008) solo encontraron diferencia en cuanto a peso promedio ave (61.8 g/peso en las aves que se les suministro MOS). Zhang, Lee, An, Song &Lee. (2005); encontraron una diferencia significativa en el peso corporal de las aves que se les suministro MOS y a las que no se les suministro (diferencia de peso de 88.47 g y de 67 g respectivamente), estos resultados son similares a los de este experimento con los mejores pesos en los tratamientos con inclusión de alcachofa.

Ojeda et al. (2007), evaluaron el efecto de dos promotores de crecimiento naturales en el comportamiento productivo de pollos de engorde, obteniendo pesos finales a los 42 días de edad de 1867 g; 1903 g; 1904 g y 1840 g para los tratamientos control negativo sin antibiótico; control positivo con Avilamicina 40 ppm, probiótico Poultry Star 20 g/1000 aves y mezcla fitobiótica 1 Kg/t respectivamente, resultados

similares se encontraron en este experimento donde los mejores resultados estuvieron en los tratamientos con inclusión de alcachofa.

Terraes et al. (2001) analizaron el efecto de la suplementación con extracto de alcachofa (*Cynara scolymus*) y cloruro de colina sobre los índices productivos en pollos de engorde sometidos a una maniobra inductora de estrés, obteniendo pesos finales de 2310^{b} g; 2300^{b} g; 2200^{c} g y 2430^{a} g para los tratamientos T1 (estrés + suplemento con extracto de alcachofa y cloruro de colina), T2 (con suplemento), T3 (con estrés) y T4 (control) respectivamente. Estos resultados indican que pollos sin ningún suplemento y sometidos a estrés obtuvieron los menores pesos corporales, resultados similares se encontraron en este trabajo con los mejores pesos al finalizar el ciclo productivo en los tratamientos con inclusión de alcachofa.

3.7. Conversión alimenticia

Como se indicó anteriormente el tratamiento que presentó la mejor conversión alimenticia fue el T4 (4%) de inclusión de alcachofa ($p<0,05$). Al evaluar cada etapa productiva, en la segunda fase del experimento (8 a 21 días de vida), se presentaron las menores conversiones de alimento.

Los resultados del presente estudio difieren a los de Pardo & Gómez (2009), quienes no encontraron ninguna diferencia significativa entre la utilización y la no utilización de prebióticos en las dietas para pollo de engorde; ya que con la utilización de MOS, la conversión alimenticia fue de 1.83; y sin la utilización de MOS fue de 1.88; adicionalmente estos valores estuvieron por encima a los encontrados en el presente estudio.

Asimismo, los resultados de conversión alimenticia del presente ensayo fueron más eficientes con respecto a los de Ojeda et al. (2007), quienes obtuvieron una conversión alimenticia a los 42 días de edad de 1,98; 1,84; 1,92 y 1,92 para los

tratamientos control negativo sin antibiótico; control positivo con Avilamicina 40 ppm, probiótico Poultry Star 20g/1000 aves y mezcla fitobiótica 1Kg/t respectivamente.

Los resultados de Terraes et al. (2001), fueron menos eficientes a los del presente estudio, con valores de conversión alimenticia de 1,80[b]; 1,83[b]; 1,91[a] y 1,78[b] para los tratamientos T1 (estrés + suplemento con extracto de alcachofa y cloruro de colina), T2 (con suplemento), T3 (con estrés) y T4 (control) respectivamente. Estos resultados indican que pollos sin ningún suplemento y sometidos a estrés obtuvieron una menor eficiencia.

Beltrán (2009), evalúo el rendimiento de pollos de engorde alimentados mediante la utilización de diferentes promotores de crecimiento, obteniendo valores de conversión alimenticia inferiores a los del presente estudio, con valores promedios de 1,34; 1,26 y 1,27 para los tratamientos control, MOS cepa 1026 y MOS cepa L1000 respectivamente; sin embargo, se coincidió en que niveles altos de MOS y alcachofa disminuyen los valores de conversión alimenticia en pollos de engorde.

3.8. Factor de Eficiencia Europeo (FEEP)

Al evaluar el FEEP tabla 3-4 se obtuvieron resultados favorables para los tratamientos T3 (2,5), T4 (4%) y T1 (control), teniendo en cuenta que valores por encima de 320 resultan “excelentes” para una producción avícola.

Lo anterior se explica, debido a que el FEEP tiene en cuenta los parámetros de: conversión alimenticia, edad final de las aves, tasa de supervivencia y el peso promedio de las aves; y como la conversión alimenticia fue baja en dichos tratamientos; por ende el FEEP fue alto.

Los resultados del presente estudio son superiores a los reportados por Pardo & Gómez (2009), quienes sin la utilización de MOS, las aves presentaron un FEEP de 262,17; frente a la utilización de MOS con un 261,528.

3.9. Factor de Eficiencia (EfA)

Al evaluar la EfA se obtuvieron los mejores resultados para los tratamientos T4, T 3 y T1 respectivamente. Estos resultados fueron favorables teniendo en cuenta que valores por encima de 128% son aceptables para una producción avícola.

Cabe anotar que el tratamiento T4 (4%) de alcachofa fue superior al control y en general los resultados reportados en el presente estudio son muy superiores a los encontrados por Pardo & Gómez (2009), quienes sin la utilización de MOS, las aves presentaron un mayor valor de EfA (110,23), frente a la utilización de MOS con un valor de 107,87.

3.10. Índice de productividad (IP)

Al evaluar el IP se obtuvieron los mejores resultados para los tratamientos T4, T3 y T1 respectivamente. Estos resultados fueron favorables teniendo en cuenta que valores por encima del 60% son rentables en una producción avícola.

La inclusión de alcachofa T4 (4%) fue superior al tratamiento control difiriendo a los resultados de Pardo & Gómez (2009), quienes sin la utilización de MOS, las aves presentaron un IP de 55,91%, frente a la utilización de MOS con un 56,31%.

Con la utilización de dietas con alcachofa y el control, no se encontraron diferencias estadísticas en cuanto a los parámetros acumulados de consumo de alimento, ganancia de peso y peso final, pero si de conversión alimenticia, EfA, FEEP e IP; resultando valores favorables para el tratamiento T4 (4%) de alcachofa siendo superiores al tratamiento T1 (control) y T2 (1,5%) de alcachofa.

Con base en los parámetros de eficiencia productiva anteriormente expuestos, se sugiere que la inulina presente en la alcachofa suministrada en las dietas al 4% podría comportarse como un prebiótico altamente competible con los MOS al no ocasionar efectos adversos en los parámetros de comportamiento y eficiencia productiva.

Ante la presencia de inulina en las dietas hay una tendencia a incrementar el desarrollo corporal de las aves, de esto se deduce que el organismo animal ante la presencia de niveles de inulina en el alimento previene la colonización de patógenos, proporcionando beneficios en el tracto gastrointestinal, dando como resultado un mejor desempeño y comportamiento productivo.

4. Capítulo IV. Parámetros alométricos de pollos de engorde.

4.1. Parámetros alométricos

Se encontraron los siguientes resultados de la evaluación alométrica de intestino delgado y órganos linfoides a los 1, 7, 21 y 45 días de edad.

4.1.2. Peso intestinal g / ave

Al evaluar los parámetros de peso intestinal g/ave de 1 día de edad, no se observaron diferencias estadísticas significativas (p>0.05), teniendo en cuenta que al día uno se inició el consumo de los tratamientos. Los pollos al primer día de edad presentaron un peso promedio total de intestino de 1,02 g (Tabla 4-1).

Tabla 4-1: Resultados de peso intestinal (g), de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

Peso Intestinal (g)	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 0%	T2 1,5%	T3 2,5%	T4 4%			
1 día							
Intestino	1,02	1,16	0,98	0,92	1,02 ±0,26	26,73	NS
Duodeno	0,62	0,64	0,56	0,58	0,60 ±0,09	16,426	NS
Yeyuno	0,22	0,33	0,23	0,22	0,25 ±0,15	64,318	NS
Íleon	0,18	0,20	0,19	0,12	0,17 ±0,07	44,803	NS
7 días							
Intestino	7,03	7,75	6,24	6,17	6,80 ±1,02	12,643	NS
Duodeno	2,14	2,19	1,67	1,59	1,90 ±0,52	25,955	NS
Yeyuno	2,76	2,91	2,37	2,46	2,63 ±0,39	13,487	NS
Íleon	2,12	2,64	2,21	2,12	2,27 ±0,36	13,791	NS

21 días							
Intestino	18,46	18,67	18,12	19,76	18,75 ±2,41	13,835	NS
Duodeno	4,95	4,93	4,89	5,76	5,13 ±0,71	13,141	NS
Yeyuno	7,34	7,86	7,44	7,97	7,65 ±1,31	18,636	NS
Íleon	6,17	5,88	5,79	6,03	5,97 ±0,78	14,322	NS
45 días							
Intestino	56,16	60,03	69,12	61,53	61,71 ±1,29	14,029	NS
Duodeno	15,36	15,95	16,20	16,28	15,95 ±1,29	8,802	NS
Yeyuno	24,23	25,81	30,31	26,10	26,61 ±3,90	17,723	NS
Íleon	16,57	18,27	22,62	19,15	19,15 ±3,31	18,266	NS

* Significativo $p<0.05$ ****** Altamente significativo $p<0.01$ **NS:** No significativo $p>0.05$

Asimismo, a los 7 días de edad no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) y nuevamente el tratamiento T1 (1,5%) de inclusión de alcachofa presentó los mayores pesos en el para duodeno, yeyuno e íleon.

En los resultados presentados a los 21 días de edad, no se observaron diferencias estadísticas ($p>0.05$); sin embargo, numéricamente se observa que el tratamiento T4 (4%) de inclusión de alcachofa presentó el mayor peso intestinal.

En la última etapa del experimento, los tratamientos que presentaron los mayores pesos de intestino total, fueron todos aquellos con inclusión de alcachofa, para las inclusiones de alcachofa T2 (1,5%), T3 (2,5%) y T4 (4%); lo que muestra un crecimiento y desarrollo intestinal necesario para la absorción de nutrientes y crecimiento corporal.

Sell., 1997, mostro en investigaciones en el área de fisiología digestiva que la presencia de nutrientes en el tracto digestivo del ave es un factor esencial para favorecer el desarrollo de este órgano; los prebióticos como la inulina presente en la alcachofa, han manifestado tener la habilidad de disminuir la colonización de bacterias como *E. coli* y *Salmonella*, disminuyendo el crecimiento de microorganismos patógenos y permitiendo un mayor digestibilidad de nutrientes

teniendo como consecuencia una mayor eficiencia y menor conversión alimenticia, esto quedó demostrado en el presente ensayo (tabla 3-4) donde se puede observar en los tratamientos con niveles crecientes de alcachofa 1.5% 2.5% y 4% mejoró la conversión alimenticia 1.74, 1.63 y 1.55 respectivamente.

El crecimiento del intestino delgado en sus distintas porciones es directamente proporcional al crecimiento de las vellosidades intestinales durante los primeros días de vida, aumentando la superficie de absorción y por consiguiente la digestibilidad, alcanzando de esta forma mayores ganancias de peso. (Sell, *et.al.*,1997)

Igualmente a edades tempranas las aves priorizan sus necesidades y el coeficiente alométrico es mayor para los órganos que aportan, que para los que demandan nutrientes; en este sentido, los órganos digestivos y los órganos responsables de la respuesta inmunitaria tienen prioridad para recibir nutrientes sobre los tejidos musculares (Lilburn, como se citó en Mateos *et al.,* 2003). Gracia et al. (2003), encontraron que el peso máximo (g. órgano/g PV) del intestino delgado se alcanzaba a los 7,8 días de edad, con crecimiento máximo a los 5-7 días; coincidiendo con el presente estudio en donde el crecimiento máximo del intestino delgado se encontró a los 7 días de edad con valor promedio de 5,45 g/100 g de peso corporal (Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del intestino delgado de pollos de engorde calculados a diferentes edades.

Tratamientos	**Crecimiento g / 100 g de peso corporal**				
	1 día	**7 días**	**14 días**	**21 días**	**45 días**
T1 (Control)	2,39	5,57	5,24	3,87	2,18
T2 (1,5% Alcachofa)	2,75	6,12	5,38	3,83	2,38
T3 (2,5% Alcachofa)	2,39	5,04	4,92	3,77	2,69
T4 (4% Alcachofa)	2,23	5,08	5,53	3,69	2,47
Media	*2,44*	*5,45*	*5,27*	*3,79*	*2,43*

Según Brenes *et al.,* 2002, el aumento de peso relativo del intestino de las aves se relacionan con el incremento en la viscosidad de la digesta, movilidad intestinal reducida y aumento de la actividad microbiana que estimula el crecimiento del tejido intestinal.

Los pesos intestinales del presente estudio, son inferiores a los reportados por Iji et al. (2001), quienes presentaron pesos de intestino (g órgano/g PV) de 4,1; 7,2; 5,0 y 3,7 a los 1, 7, 14 y 21 días de edad respectivamente, alcanzando el valor máximo de crecimiento a los 7 días de edad.

Los tratamientos con mayor crecimiento intestinal a los 45 días de edad, fueron aquellos con inclusión de 2,5% y 4%, de alcachofa, difiriendo a lo reportado por Navidshad et al. (2010), quienes evaluaron el efecto de dietas suplementadas con prebióticos en el rendimiento productivo y la morfología intestinal de pollos de engorde, presentando mejor proporción de intestino delgado en relación al peso corporal a los 45 días de edad de 4,57%; 4,59% y 4,62% para inclusiones de prebiótico de 0%; 0,15% y 0,3% respectivamente.

El efecto de rápido crecimiento es diferente para las distintas secciones del intestino delgado, siendo más rápido, a edad más temprana y en mayor proporción para el duodeno respecto a lo observado para el yeyuno y el íleon (Iji *et al.,* 2001); para el presente estudio, los mayores pesos de duodeno y yeyuno se reportaron en edades tempranas de las aves de 1 a 7 días de edad y al finalizar el experimento se observó los mayores pesos en todos las tres secciones intestinales en aquellos tratamientos con mayor inclusión de alcachofa (Tabla 4-1; 4-2).

Los mayores niveles de inclusión de alcachofa en las dietas suministradas, pudo haber promovido un mayor desarrollo de la mucosa digestiva del ave, este efecto podría justificar la mejora en la conversión alimenticia del ave observada en el tratamiento T4 (4%), y en otro sentido, pudo haber favorecido la capacidad digestiva de los pollos durante la fase de crecimiento (22-45 días), este mecanismo de acción o de efecto trófico sobre la mucosa digestiva también ha sido descrito en

estudios previos con la utilización de oligosacáridos, inulina, FOS, MOS y en cereales como el maíz. (Sell. *et.al.*,1997)

4.1.3. Longitud intestinal cm / ave

La longitud intestinal evaluada a diferentes edades, no presentó diferencias estadísticas significativas (p>0.05).

La longitud del intestino a los 7 días de edad mostró los mayores valores para los tratamientos al T2 (1,5%) y T3 (2,5%) de alcachofa (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Resultados de longitud intestinal (cm), de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

Longitud intestinal (cm)	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 0%	T2 1,5%	T3 2,5%	T4 4%			
1 día							
Intestino	39,63	44,50	44,50	43,33	42,99 ±3,32	6,78	NS
Duodeno	8,54	7,48	7,57	7,64	7,81 ±0,81	9,951	NS
Yeyuno	12,32	15,13	15,41	17,87	15,18 ±3,24	18,608	NS
Íleon	18,76	21,89	21,52	17,81	20,00 ±3,96	19,74	NS
7 día							
Intestino	77,20	77,59	78,54	72,30	76,41 ±6,26	7,97	NS
Duodeno	14,35	14,40	13,83	12,98	13,89 ±1,66	12,474	NS
Yeyuno	32,25	32,54	32,23	30,33	31,84 ±2,53	8,285	NS
Íleon	30,60	30,65	32,48	29,00	30,68 ±3,12	10,703	NS
21 días							
Intestino	95,25	100,60	93,74	101,88	97,87 ±10,5	11,292	NS
Duodeno	17,83	20,20	19,24	23,38	20,16 ±3,70	16,89	NS
Yeyuno	39,58	42,03	39,32	39,80	40,18 ±5,24	14,243	NS
Íleon	37,85	38,38	35,18	38,70	37,53 ±4,46	12,534	NS
45 días							
Intestino	131,43	134,08	148,33	125,18	134,76 ±9,38	7,548	NS
Duodeno	27,23	27,90	26,75	28,40	27,57 ±2,42	9,115	NS
Yeyuno	54,15	52,83	65,63	48,18	55,20 ±6,25	9,327	NS
Íleon	50,05	53,35	55,95	48,60	51,99 ±6,11	14,517	NS

* Significativo p<0.05 ****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

A los 21 días de edad, el tratamiento con mayor inclusión de alcachofa (T4) obtuvo la mayor longitud de intestino.

Al evaluar la última etapa, el tratamiento que presentó la mayor longitud intestinal fue T3 (2,5%) de alcachofa, mostró un valor superior de yeyuno e íleon con relación a los demás tratamientos.

La longitud intestinal de las aves del presente estudio, fue proporcional a la edad y al crecimiento corporal. La inclusión de alcachofa en las dietas no afectó esta variable, y por el contrario tuvo resultados similares al tratamiento control.

Los resultados de longitud intestinal del presente estudio, son superiores a los reportados por Navidshad, Masoud y Zarbakht. (2010), quienes presentaron longitudes de intestino delgado a los 45 días de edad de 198,2 cm; 207,2 cm y 195,5 cm para inclusiones de prebiótico de 0%; 0,15% y 0,3% respectivamente.

En general, la superficie de la zona intestinal afecta la utilización neta de los nutrientes de la dieta de pollo y es determinada por características morfológicas tales como la longitud y el área transversal de segmentos del duodeno, yeyuno e íleon, y por características morfológicas más sutiles como la altura de las vellosidades y la superficie del epitelio en cada uno de dichos segmentos (Beltrán, 2009). Lo cual se puede inferir que ocurrió con los resultados de este experimento donde se encontró mejores resultados en los tratamientos con inclusión de alcachofa al 2,5% de inclusión de alcachofa.

4.1.4. Peso de órganos linfoides g / ave

Lji et al. (2001) y otros autores, han evaluado el efecto del peso de aves sobre el peso de sus órganos linfoides y la inmunocompetencia, concluyendo en general, que las aves con órganos linfoides de mayor tamaño, tienen una respuesta más competitiva a los desafíos patológicos con relación a las aves con órganos linfoides de menor tamaño, principalmente por el efecto directo en las poblaciones linfocitarias.

- **Peso de timo g / ave**

En los resultados de peso de timo g/ave no se presentaron diferencias estadísticas significativas (p>0.05). Al primer día de edad, las aves presentaron un peso general de 0,07 g, teniendo un crecimiento ascendente hasta los 45 días de edad con peso promedio general de 12,10 g / ave (Tabla 4-4).

Tabla 4-4: Resultados de peso de timo (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

Peso Timo (g) / edad	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 0%	T2 1,5%	T3 2,5%	T4 4%			
1 día	0,09	0,06	0,04	0,07	0,07 ±0,03	48,078	NS
7 días	0,42	0,41	0,40	0,60	0,46 ±0,14	25,59	NS
21 días	1,61	1,59	1,61	1,56	1,59 ±0,42	29,6	NS
45 días	12,08	10,22	15,86	10,23	12,10 ±2,97	30,9	NS

* Significativo p<0.05 ****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

El órgano primario del sistema inmune como el timo, fue de mayor peso a los 45 días en los tratamientos T1 (control) y T3 (2,5%) de inclusión de alcachofa.

Perozo et al. (2004), evaluaron la inmunocompetencia de pollos de engorde de la línea Ross, obteniendo pesos promedios del timo al 1 día de edad de 0,15 g superiores al presente ensayo, estos autores encontraron un peso máximo de este órgano a los 42 días con valor promedio de 7,47 g inferior al resultado de este ensayo, que fue de 12,10 g.

El mayor desarrollo del timo con relación al peso corporal, se presentó a los 21 días de edad de las aves, mostrando la mayor relación para los tratamientos T2 (1,5%) y T4 (4%) de alcachofa (Tabla 4-5). Esto indica que probablemente estas inclusiones de alcachofa podrían influir en un mayor peso de órganos linfoides como el timo, que permiten incrementar la inmunocompetencia de las aves mediante un aumento de células linfociticas que permitirán menor susceptibilidad

a enfermedades y optima respuesta a los programas de vacunación. Asimismo, estos pesos del timo en general, indican que las aves no fueron sometidas a situaciones de estrés o patologías que conlleven a atrofias tisulares permitiendo de esta forma el desarrollo del mismo.

Según Hernández (1998), el peso del ave está ligado con el peso de los órganos linfoides, así que variaciones tan significativas en el peso repercuten en los índices morfométricos; en este sentido, a los 45 días de edad la mayor relación de peso con el timo se presentó en el tratamiento con 2,5% de alcachofa (0,62 g/ 100 g PV) íntimamente ligado con el peso presentado por parte de estas aves alimentadas con este tratamiento.

Tabla 4-5. Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del timo de pollos de engorde calculados a diferentes edades.

Tratamientos	Crecimiento g / 100 g de peso corporal				
	1 día	7 días	14 días	21 días	45 días
Control	0,21	0,33	0,46	0,65	0,46
1,5% Alcachofa	0,13	0,32	0,45	0,72	0,41
2,5% Alcachofa	0,10	0,32	0,44	0,55	0,62
4% Alcachofa	0,18	0,50	0,43	0,68	0,41
Media	*0,16*	*0,37*	*0,45*	*0,65*	*0,48*

Morales (2007), estudio el efecto de la utilización de paredes celulares de levadura (MOS), sobre los porcentajes de los pesos relativos de los principales órganos linfoides de pollos de engorde a los 36 días de edad, obteniendo valores promedios inferiores a los del presente estudio con porcentajes para el timo de 0,521 g/100 y 0,480 g/100; bazo 0,122 g/100 y 0,107 g/100 y bursa 0,205 g/100 y 0,219 g/100 para los tratamientos control y con pared celular MOS, 500 mg/Kg respectivamente.

Los resultados de peso de órganos linfoides del presente estudio son superiores a los reportados por Cheema, *Et al.,* (2003), quienes compararon el estatus de inmunocompetencia de pollos de engorde del año *1957* contra aves de *2001,* encontrando que las estirpes actuales de pollos de engorde (*2001*), presentan una

disminución en los principales órganos linfoides por ende una mayor susceptibilidad de sufrir inflamación respecto a las aves antiguas.

4.1.5. Peso de bursa g/ave

Los resultados de peso de bursa g/ave no presentaron diferencias estadísticas significativas (p>0.05) entre tratamientos. Al primer día de edad, las aves presentaron un peso general de 0,05 g, teniendo un crecimiento ascendente hasta los 45 días de edad con peso promedio general de 5,99 g/ave (Tabla 4-6).

El peso de la bursa a los 21 días de edad mostró los mayores valores para los tratamientos con inclusión de alcachofa.

De manera similar, a los 45 días de edad, los tratamientos con inclusión de alcachofa obtuvieron los mayores pesos de bursa, siendo superiores al tratamiento control.

Tabla 4-6: Resultados de peso de bursa (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

Peso Bursa (g) / edad	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 0%	T2 1,5%	T3 2,5%	T4 4%			
1 día	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05 ±0,01	26,217	NS
7 días	0,31	0,26	0,23	0,28	0,27 ±0,05	15,039	NS
21 días	0,76	0,88	1,06	1,02	0,93 ±0,28	30,097	NS
45 días	5,12	6,90	5,59	6,35	5,99 ±1,32	19,172	NS

* Significativo p<0.05 ****** Altamente significativo: p<0.01 **NS**: No significativo p>0.05

De manera general, se observa que el crecimiento de la bursa fue ascendiente indicando que no existió ningún factor externo que haya afectado el crecimiento de la misma.

Estos resultados son superiores a los reportados por Williams et al. (2008), quienes investigaron acerca de los efectos de la dieta y el régimen de alimentación con probióticos ante la presencia de *Campylobacter jejuni* en pollos de engorde, encontrando un peso relativo de la bursa con valor promedio de 0,0035 g y 0,0024 g para machos y hembras respectivamente a los 49 días de edad.

Por otra parte, estos resultados podrían compararse con los reportados por Perozo (2004), quienes encontraron en pollos de engorde de la línea Ross, que este órgano creció hasta la cuarta semana, contrario a lo encontrado en el presente estudio, en donde se evidencia crecimientos de la bursa hasta los 45 días del experimento.

4.1.6. Peso de bazo g / ave

En los resultados de peso de bazo/ave, no se presentaron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre tratamientos para los días 1, 7 y 21 evaluados en el experimento, mientras que al finalizar el ciclo se encontró los mejores valores.

Al evaluar los resultados presentados a los 45 días de edad, se presentaron diferencias altamente significativas ($p<0,01$) en el peso del bazo, para los tratamientos T3, T4, y T1 con los mejores valores para los mayores niveles de inclusión de alcachofa (Tabla 4-7).

Tabla 4-7: Resultados de peso de bazo (g) de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

Peso Bazo (g) / días	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente variación	Sig.
	T1	T2	T3	T4			
	0%	1,5%	2,5%	4%			
1 día	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02 ±0,004	24,268	NS
7 días	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11 ±0,02	20,651	NS
21 días	0,30	0,32	0,41	0,36	0,35 ±0,12	34,551	NS
45 días	2,89[b]	2,36[b]	3,30[a]	3,10[a]	2,91 ±1,49	17,786	**

[a, b]: Promedios con letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencias significativas:
* Significativo p<0.05 ****** Altamente significativo p<0.01 **NS** No significativo p>0.05

Estos valores son similares a los reportados por Perozo et al. (2004), ya que el crecimiento del bazo muestra un ascenso hasta la última semana del experimento, indicando un adecuado desarrollo del mismo. De acuerdo a Glick (2000), el bazo sufre su mayor velocidad de crecimiento durante las primeras 6 semanas de edad y logra su tamaño máximo a las 10 semanas de edad del ave.

Al evaluar el crecimiento del bazo con relación al peso corporal, se observa un incremento proporcional a la ganancia de peso vivo del ave. La mayor relación se presentó a los 45 días de edad en los tratamientos con mayor inclusión de alcachofa, (Tabla 4-8).

Tabla 4-8. Crecimiento (g/100 g de peso corporal) del bazo de pollos de engorde calculados a diferentes edades.

Tratamientos	Crecimiento g / 100 g de peso corporal				
	1 día	7 días	14 días	21 días	45 días
Control	0,04	0,09	0,09	0,10	0,11
1,5% Alcachofa	0,03	0,09	0,09	0,10	0,09
2,5% Alcachofa	0,04	0,09	0,11	0,07	0,13
4% Alcachofa	0,05	0,08	0,10	0,10	0,13
Media	*0,04*	*0,09*	*0,10*	*0,09*	*0,12*

4.2. Correlación entre variables

Al analizar la correlación entre variables (Tabla 4-9), se observa un alto grado de asociación entre todos los órganos estudiados, presentándose las mayores correlaciones entre el peso corporal y el intestino - órganos linfoides (p<0,01). Estos resultados coinciden con los de Hernández (1998), quien reportó altos coeficientes de correlación entre el peso de los órganos y el peso vivo de aves tipo Leghorn en condiciones libres de patógenos específicos.

Tabla 4-9: Coeficientes de correlación entre las variables del estudio**.**

Variables asociadas	Coeficiente de Correlación**
Peso vivo – Peso intestino	0,93
Peso vivo – Peso Bursa	0,94
Peso vivo – Peso Timo	0,92
Peso vivo – Peso Bazo	0,90
Peso Bazo – Peso Bursa	0,84
Peso Bursa – Peso Timo	0,88
Peso Timo – Peso Bazo	0,86

****** Altamente significativas p<0,01

Otros autores han utilizado la asociación existente en el peso de la Bursa y el del ave para evaluar la capacidad de defensa de los pollos. De acuerdo a Perozo et al. (2004), el índice peso corporal/bursa es “un indicador de inmunocompetencia muy utilizado por su fácil determinación y alta sensibilidad a la hora de monitorear el status inmunológico de un lote de aves”.

Pulido citado por Perozo et al. (2004), indican que la relación existente entre la bursa y el bazo puede utilizarse como evaluador de la inmunocompetencia en aves vacunadas contra la enfermedad de Gumboro; demostrando que en una zona de alta prevalencia para la enfermedad, se obtuvieron una relación bursa:bazo superior a 2, considerados como propios de una inmunocompetencia apropiada.

4.3 pH fecal

Los resultados de pH fecal indican que la inclusión de 2,5% (T3) de alcachofa tuvo un comportamiento ideal de esta variable con valores promedios decrecientes entre el primer día y los 45 días de edad (Tabla 4-10). Los demás tratamientos tuvieron valores irregulares para esta variable.

La reducción del pH fecal, posiblemente esté relacionado con la producción de AGCC como productos de la fermentación en el ciego por parte de la microflora bacteriana a partir de la fibra dietaría aportada por la inclusión de la alcachofa, conllevando a la reducción del pH intestinal, que beneficia la salud del intestino grueso. Como consecuencia de la disminución del pH, "se inhibe el crecimiento de patógenos, aumenta la absorción de líquidos, electrolitos y se aprovisiona con energía de una forma directa a las células de la mucosa" (Weurding, 2002).

Tabla 4-10: Resultados de pH fecal de pollos de engorde alimentados con niveles crecientes de alcachofa durante los días 1, 7, 21 y 45 del experimento.

pH fecal / días	Niveles de Alcachofa (Cynara scolymus)				Media	Coeficiente Variación	Sig.
	T1 0%	T2 1,5%	T3 2,5%	T4 4%			
1 día	6,16	6,09	6,26	6,07	6,15 ±0,44	7,819	NS
7 días	5,78	6,16	6,17	6,14	6,06 ±0,31	4,912	NS
21 días	5,78	6,02	5,95	5,72	5,87 ±0,41	7,510	NS
45 días	6,35	6,24	5,24	5,78	5,90 ±0,69	12,294	NS

* Significativo $p<0.05$ ****** Altamente significativo: $p<0.01$ **NS** No significativo $p>0.05$

Según Bedford (2000), un aumento de la población de bacterias beneficiosas en el intestino permite una mayor asimilación de nutrientes y estimula la vascularización y el desarrollo de las vellosidades intestinales. Los resultados del presente estudio, difieren a los presentados por Yuriszal & Chen (2003), quienes evaluaron el pH fecal de pollos de engorde alimentados con inulina y oligofructosa, con valores promedios para la inulina de 5,10; 7,20 y 6,58 y oligofructosa 5,15; 6,60 y 6,83 para las semanas 1, 3 y 6 respectivamente, en el presente experimento el único tratamiento que no represento disminución en el pH fue el T2.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- De acuerdo a los resultados de desempeño animal, el los tratamientos que mostraron resultados superiores para todas las variables de comportamiento productivo estudiadas fueron T4 (4%) y T 3 (2,5%) de inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*), sugiriendo que no afecta el rendimiento de los parámetros productivos en pollos de engorde, y mejora las variables estudiadas con respecto al T2 (1,5%) y T1 (0%).

- La única variable que presentó diferencias significativas al finalizar el ciclo productivo fue la conversión alimenticia en el T4 (4%), lo cual representa mayor aprovechamiento de nutrientes.

- Con base en los parámetros de eficiencia productiva, se sugiere que la inulina presente en la alcachofa (*Cynara scolymus*) suministrada en las dietas al 4% podría comportarse como un prebiótico, al no ocasionar efectos adversos en los parámetros de comportamiento y eficiencia productiva.

- Ante la presencia de inulina en las dietas, probablemente hay una tendencia, a incrementar el desarrollo corporal de las aves, de esto se deduce, que el organismo animal ante la presencia de niveles de alcachofa (*Cynara scolymus*) en el alimento, previene la colonización de patógenos, proporcionando beneficios en el tracto gastrointestinal, y puede ser utilizado como un prebiótico al 2,5% y 4% sirviendo de alternativa para reemplazar el uso de antibióticos

promotores de crecimiento, se observó su efecto biológico a partir de los 21 días de edad.

- Variables como la concentración del prebiótico, el tipo de ración, las características de los animales (el sexo) y, sobre todo, las condiciones higiénicas y de estrés medioambiental, pueden influir sobre la respuesta de los pollos a los prebióticos.

- No se encontraron diferencias significativas en cuanto a peso y longitud del intestino delgado y sus porciones (duodeno, Yeyuno, Íleon), pero se observó un efecto biológico (peso y longitud) mayor en los tratamientos con los niveles de alcachofa (2,5% y 4%).

- El crecimiento del intestino delgado observado en el tratamiento con inclusión de 2.5% (T3) de alcachofa (*Cynara scolymus*), en sus distintas porciones se presume que es directamente proporcional al crecimiento de las vellosidades intestinales durante los primeros días de vida, aumentando la superficie de absorción y por consiguiente la digestibilidad, alcanzando de esta forma mayores rendimientos productivos en el pollo de engorde.

- En el presente estudio, los mayores pesos de duodeno y yeyuno se reportaron al finalizar el experimento, se observó los mayores pesos en todas las tres secciones intestinales en aquellos tratamientos con mayor inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*) al 2,5% y 4%.

- En cuanto a la longitud del intestino, fue afectado por los tratamientos, sin embargo, la mayor longitud se obtuvo en el T3 con niveles de alcachofa de 2,5%.

- El mayor desarrollo del timo en las aves se presentó a los 45 días de edad, mostrando el mejor resultado para el tratamiento T3 (2,5%) de inclusión alcachofa (*Cynara scolymus*) en la dieta. Lo que indica que esta inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus)* favorece un mayor peso de órganos linfoides como el timo, incrementando la inmunocompetencia de las aves, gracias al aumento de células linfocíticas y expresión de moléculas del complejo mayor de histocompetitividad que permitirán una mejor respuesta inmune ante la posibilidad de retos de campo a enfermedades en las aves.

- Se observó un desarrollo marcado de los órganos linfoides según la edad, siendo marcado en el timo a los 21 días y en el bazo y bursa a partir del día 7 de edad.

- A nivel de órganos linfoides se encontraron diferencias significativas en el bazo con los niveles de inclusión de alcachofa (2,5% y 4%), siendo el mejor tratamiento la inclusión de alcachofa al 2,5%.

- Los resultados de algunos autores difieren con los presentados en este estudio, por lo tanto, se sugiere realizar otras investigaciones con inclusión de alcachofa en dietas para aves.

- Los resultados de pH fecal indican que el Tratamiento T3 con una inclusión de 2,5% de alcachofa (Cynara scolymus), genero el mejor descenso de pH, lo cual sugiere, una mayor fermentación de la inulina por parte de las bacterias a nivel de ciegos por la producción de ácidos grasos volátiles de cadena corta, lo cual mejoró la salud intestinal del ave.

- Se observó una disminución de la grasa abdominal en los pollos alimentados con niveles de inclusión de alcachofa, lo cual sugiere un mejor aprovechamiento de las grasas en el ave, algunos autores atribuyen propiedades fisiológicas

benéficas en el metabolismo de grasas y triglicéridos, cuando se emplea alcachofa en la alimentación de animales y humanos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar microscópicamente vellosidades y criptas del intestino delgado de pollos de engorde, alimentadas con niveles de inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*).

- Medir la respuesta de anticuerpos postvacunales ante las principales patologías presentes en la industria avícola en nuestro medio como por ejemplo Newcastle y Gumboro en pollos de engorde, que sean alimentados con los mismos niveles de inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*) en las dietas, con el objetivo de evaluar la respuesta inmunitaria de las aves.

- Se sugiere realizar una aproximación económica para dietas con inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*), como alternativa de alto valor nutritivo y económicamente viable en la producción avícola, ante la tendencia de consumo de canales libres de antibióticos promotores de crecimiento.

- Se recomienda evaluar niveles de inclusión de alcachofa (*Cynara scolymus*), entre 2.5 % y 4%, bajo las mismas condiciones y parámetros estudiados en el presente estudio, para evaluar la respuesta animal.

- De acuerdo a los resultados evaluar los efectos de los niveles de alcachofa a partir de los 14 días de edad.

- Evaluar el comportamiento de la inclusión de alcachofa en dietas para aves de postura, ya que se le atribuye mejora en el aprovechamiento de minerales como el calcio y el magnesio.

6. Bibliografía

Abrams, S. A., Griffin, I. J & Hawthorne, K. M. (2007).Young adolescents who respond to an inulin-type fructan substantially increase total absorbed calcium and daily calcium accretion to the skeleton. *Revista Journal of Nutrition*. 137(11 Suppl):2524-2526.

Abraham, W., Handler, P., Smith, E., Hill, R & Lehman, R. (1978). *Principios de Bioquímica*. 6ta ed. España: McGraw-Hill. 1582 pp. ISBN: 968-451-369-0.

Akiba, & Murakami, H. (1995) Partitioning of energy and protein during early growth of broiler chicks and contribution of vitteline residue. In Proceedings of the 10th European Symposium on Poultry Nutrition, 45-52 pp.

Ammerman, E., Quarles, C & Twining, P. V. (1989). Evaluation of fructooligosaccharides on performance and carcass yield of male broilers. *Poultry Science*. 68, (Suppl), 167.

Apajalahti, J. (2003). Assessment of the relationship between Nutrition and gut flora. Proceedings of 14th European Symposium on Poultry Nutrition, World´s Poultry Science Association. 145-150 pp.

Bailey, J. S., Blankenship, L. C, & Cox, N. A. (1991). Effect of fructooligosaccharide on Salmonella colonization of the chicken intestine. *Poult. Sci.* 70,2433–2438.

Barnes, E. M. (1979). The intestinal microflora of Poultry and game birds during life and after storage*. J. Appl. Bacteriol.* 46,407–419.

Barnes, E. M., Mead, G. C., Barnum, D. A & Harry, E. G. (1972). The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Br. Poult. Sci.* 13,311–326.

Baurhoo, B., Letellier, A., Zhao, X & Ruiz-Feria, C. A. (2007). Cecal Populations of Lactobacilli and Bifidobacteria and *Escherichia Coli* Populations After In Vivo *Escherichia Coli* Challenge in Birds Fed Diets with Purified Lignin or Mannanoligosaccharides. *Poultry Science.* 86,2509 – 2516.

Barragan, J. I. (2000). El uso de alternativas a los promotores de crecimiento en la producción avícola. Asociación Española de Ciencia Avícola - WPSA

Bedford, M. R. (2000). Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems. *W. Poultry. Sci. J.* 56,347-365.

Beltrán, M. R. (2009). *Utilización de manano oligosacáridos en cría y acabado de pollos en ceba como promotor de crecimiento.* Tesis doctoral. Facultad de ciencias pecuarias. Universidad de Chimborazo. Ecuador. 45 pp.

Benites, V., Gilharry, R., Gernat A. G., & Murillo, J.G. (2008). Effect of Dietary Mannan Oligosaccharide from Bio-Mos or SAF-Mannan on Live Performance of Broiler Chickens. *Journal Applied Poultry Research*, 17,471 – 475.

Beyer, S.; Jensen, L.; Villegas, P (1991). Growth and Tissue Lipid Deposition of Broilers Fed á Krtoisocaproic Acid. Poult. Sci. 71:919-927.

Brenes, A., Smith, M., Guenter, W. y Marquardt, R.R. (1993) Efgfect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat – and barley – based diets. Poultry Sci. 72:173

Brenes, A., Marquardt, R. R., Guenter, W. and Viveros, A., (2002). Effect of enzyme addition on the performance and gastrintesinal tract size of chicks fed lupin seed and their factions. Poultry Science 81: 670-678

Bruneau, P. (2000). Uso de los fructo-oligosacaridos en alimentación animal. Nuevo concepto para bioregular la flora intestinal. 44-47 pp.

Burns, K., Fernández, R; Rojo, F2 & García, H. (2007). El sistema immune de las aves. Una breve revisión. Industria Avícola*. Watt poultry.*

Carabaño, J. (1999). Efecto de tres niveles (100, 200 y 300 ppb) de aflatoxina B1 sobre los pollos de engorde durante la etapa de iniciación (0 a 4 semanas). FCV. UCV. 183 pp.

Cáceres, E.; García, M.L.; Toro, J.; Selgas, M.D. (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. Meat Science 68(1): 87-96

Chambers, J. R., Spencer, J. L & Modler, H. W. (1997). The influence of complex carbohydrates on Salmonella typhimurium colonization, pH, and density of broiler ceca. *Poultry Science.* 76,445–451.

Choct Mingan (2002) Alimentos PNA: Estructuras químicas y significancia nutricional. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Nueva Inglaterra, Armidale, Australia

Cheema, M. A., Qureshi, M. A & Havenstein, G. B. (2003). A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Sci*. 82,1519-1529

Cummings, J. H., Christie, S & Cole, T. J. (2001). A study of fructo oligosaccharides in the prevention of travellers' diarrhoea. *Aliment Pharmacol Ther.* 15,1139–45.

Delzenne, N. M & Kok, N. (2001). Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr*. 73 (2 Suppl): 456- 458.

Dunnington, E.A, & Siegel P.B. Enzyme Activity and Organ Development in Newly Hatched Chicks Selected for High or Low Eight-Week Body Weigh. Poult Sci 74: 761-770 (1995)

Estrada, A. (1998). Immunostimulation of beef steers by the administration of oat â.glucan. Western Beef Development Center Canada

Fairchild, A. S., Grimes, J. L., Jones, F.T., Wineland, M. J., Edens, F. W. & Sefton, A. E. (2001). Effects of Hen Age, BioMos®, and Flavomicyn®, on Poult Susceptibility to Oral Escherichia Coli Challenge. *Poultry Science*. 80,562-571.

Federación Nacional de avicultores de Colombia. Fenavi, (2011). *Revista Waltt Poultry*. Indicadores económicos. Recuperado de: www.fenavi.org.

Fintelmann, V. (1996). Therapeutic profile and mechanism of action of artichoke leaf extract: hypolipemic, antioxidant, hepatoprotective and choleretic properties. *Revista Phytomed*. Suppl 1:50.

Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L & Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. Crit. *Rev Food Sci Nutr*, 41: 353-362.

Gebhardt, R. (1998). Inhibition of cholesterol biosynthesis in primary cultured rat hepatocytes by artichoke (*Cynara scolymus* L.) extracts. J. Pharmacol. Exp. Ther. 286, 1122.

Gebhard T, R. & Fausel, R. (1997). Antioxidant and hepatoprotective effects of artichoke extracts and constituens in cultured rat hepatocytes. *Revista Toxicol In vitro*.11:669-726.

Gibson, G. R., Probert, H. M., Van Loo, J., Rastall, R. A & Roberfroid, M. B. (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics*. Nutr Res Rev*. 17,259–75.

Gibson, G. R & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*. 125,1401–1412.

Glick, B. (2000). Immunophysiology. In “Avian Physiology” (P.D. Sturky, ed), pp 657-670. Academic press, San Diego, California.

Goñi, I. (2005). Artichoke (*Cynara scolymus L*) modifies bacterial enzymatic activities and antioxidant status in rat cecum. En: Nutrition Research. 25,607–615.

Gracia, M.I., Latorre, M.A., Lázaro, R., García, M. y Mateos, G.G. (2003) *Poult. Sci.*

Hernández, M. (1998). *Caracterización del desarrollo de la bursa de fabricio, timo y bazo en aves tipo Leghorn, libres de patógenos específicos*. Tesis. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile 1-55 pp.

Iji, P., Saki, A & Tivey, D. (2001). Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 2. Development and characteristics of intestinal enzymes. *British Poultry Science*. 42,514–522.

Jaramillo, A. H. (2011). *Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un acido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde.* Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia en convenio con Universidad del Tolima. 224 pp.

Jaramillo, A. H. (2009). Ácidos orgánicos (cítrico y fumárico) como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento (Bacitracina de Zn) en dietas para pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 2(2),2-9.

Kaya, A., Gungor, K & Karakose, S. (2007). Severe anaphylactic reaction to human insulin in a diabetic patient. Journal of Diabetes Complications. 21(2):124-127.

Kaur, N & Gupta, A. K. (2002). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Revista Journal of Biosciences*. 27(7):703-714.

khurshid, A., Farooq, M., Durrani, F.R., Sarbiland, K. & Chand, N. (2003). Predicting egg weight, shell weight, shell thickness and hatching chick weight of Japanese quails using various egg traits as regressors. Int. J. Poult. Scie. 2:164-167

Kirk, C., Klasing & Brooke D. Humphrey. (2002). Modulation of immunity by nutrients. Department of Animal Science. University of California. 9 pp.

Klasing, K.C. (1998). Nutritional Modulationof Resistance to Infectious Diseases. Departament of Avian Sciences. University of Calfornia. 7 pp.

Kubena LF, Harvey RB, Huff WE, Elissalde MH, Yersin AG, Phiplips TD, Rottinghaus (1993) . Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and diacetoxyscirperol. Poult Sci 72:51-59

Lan, Y., Verstegen, W.A.., Tamminga, S & Williams, B. A. (2005). *World´s Poultry Science Journal,* 61,95-104.

Lilburn, M. (1998). Practical aspects of early nutrition for poultry. *Journal Applied Poultry Research.* 7:420-424.

Loh, G., Eberhard, M., Brunner, R. M., Hennig, U., Kuhla, S., Kleessen, B & Metges, C. (2006). Inulin alters the intestinal microbiota and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs regardless of their basal diet. *J. Nutr.* 136,1198-1202.

Madrigal, L & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion.* Universidad Simón Bolívar, Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Caracas, Venezuela. 57(4),387-396.

Mateos, G. G., Lázaro, R & Gracia, M. I. (2003). Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. Departamento de producción animal. XVIII curso de Especialización FEDNA. Madrid.

McCracken, V. J., Ning, W., Mackie, R. I & Gaskins, H. R (1996). Annual Meeting of the American Society for Microbiology. New Orleans. Louisiana.

Montagne, L., Boudry, G., Favier, C., Huërou-Luron, C., Lallès, J. P & Sève, B. (2007). Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. *Br. J. Nutr.* 97,45-57

Morales, R. (2007). *Las Paredes Celulares de Levadura de Saccharomyces Cerevisia: Un Aditivo Natural Capaz de Mejorar la Productividad y Salud del Pollo de Engorde.* Tesis de Grado Doctoral. Producción Animal, Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.

Moynihan, S., Abrams, S. A., Kent, K., Hsu, A. R & Friedlander, A. L. (2007). Effects of oligofructose-enriched inulin on intestinal absorption of calcium and agnesium and bone turnover markers in postmenopausal women. *Revista Journal of Nutrition.* 97(2):365-372.

Navidshad, B., Masoud, A & Zarbakht, A. P. (2010). Effects of dietary supplementation of Aspergillus originated prebiotic (Fermacto) on performance and small intestinal morphology of broiler chickens fed diluted diets. Italian *Journal of Animal Science*. 9(1).

National Research Council. (1995). Requerimientos Nutricionales para Aves.

Ojeda, A. A., Acosta, I., Rodríguez, I., Lon-Wo, E., Pasteiner, S & Mohnl, M. (2007). Efecto de dos promotores de crecimiento naturales en el comportamiento productivo, rendimiento cárnico y salud intestinal de pollos de ceba. XX Congreso Latinoamericano de Nutricion. 7-9 pp.

Ortiz, L, T., Velasco, S., Rodríguez, M. L., Rebolé, A & Alzueta, C. (2011). Los prebióticos tipo inulina en alimentación aviar. II: efectos sistémicos Inulin-type prebiotics in poultry feeding II: systemic Effects. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 5(1),103-119. ISSN: 1988-2688.

Ortiz, L.T., Rodríguez, M. L., Alzueta, C., Rebolé, A & Treviño, J. (2009). Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 50,325- 332.

Ortiz, P. (2004). Utilización de Alternativas Naturales a los Antibióticos Promotores del Crecimiento en la Salud Intestinal y Parámetros Productivos de Pollos Broilers. Pontificia Universidad de Valparaiso. Valparaiso, Chile.

Oyofo, B. A., Droleskey, R. E., Norman, J. O., Mollenhauer, H. H., Ziprin, R. L., Corrier, D. E & Deloach, J. R (1989). Effect of carbohydrates on Salmonella typhimurium colonization in broiler chickens. Avian Dis. 33:531–534.

Pardo, M. F & Gómez, J. E. (2009). Comparación económica de la inclusión de manano oligosacárido en pollos de engorde de la línea Ross 308 en una producción comercial. Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. 17 pp.

Perozo, F., Nava, J., Mavárez, Y., Arenas, E., Serje, P & Briceño, M. (2004). Caracterización morfométrica de los órganos linfoides en pollos de engorde de la línea ross criados bajo condiciones de campo en el estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 14(3),217-225.

Pié, S., Awati, A., Vida, S., Falluel, I., Williams, B. A & Oswald, I. P (2007). Effects of added fermentable carbohydrates in the diet on intestinal proinflammatory cytokine-specific mRNA content in weaning piglets. *J. Anim. Sci.* 85,673-683.

Pluske, J. R., Pethick, D.W & Hampson, D.J. (2003). El impacto de la nutrición sobre desórdenes y enfermedades de tipo entérico en porcino. Division of Veterinary and Biomedical Sciences. Argentina.

Pulido, M.; Barcelo, S.; Perera, C. (2001). Relations among some of the Morphometric indicators of the Lymphoid Organs and Immunocompetence in chickens. Rev Cub de Cien Avíc. 25(1): 45-50.

Robertfroid, M. (2007). Prebiotics: the concept revisited*. J. Nutr*. 137,830-837.

Roberfroid, M. (2005). Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. Boca Raton, USA: CRC Press. 2005. 370 pp.

Roberfroid, M. (1999). Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *J Nutr*, 129,1398-1401.

Roberfroid, M. B., Van Loo, J. A & Gibson, E. R. (1998). The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *Journal of Nutrition.* 128,11–19.

Rodriguez, AA.C.P., Nardi, R.M. y Viera, E.C. (1996). Effect of saccharomyces boulardii against experimental oral infection with *Salmonella typhimurium* and *Shigella flexneri* conventional and gnotobiotic mice. J Appl Bacteriol. 91: 251-256

Rostagno, H. S. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composición de alimentos y exigencias nutricionales. 3. Ed. - Viçosa, MG: UFV, DZO, Brasil.

Rowland, I. R., Mallett, A. K & Wise, A. (1985). The effect of diet on the mammalian gut flora and its metabolic activities. CRC Critical Reviews in Toxicology. 16,31–103.

Sabater, M. (2008). *Efectos de las poliaminas y los fructooligosacáridos de la dieta sobre la maduración intestinal en cerdos destetados precozmente*. Tesis

doctoral de biología. España: Universidad de Murcia. Facultad de biología. Departamento de fisiología.

Salgado, S & Sanabria, E. (1998). Evaluación de la actividad productora de manano oligosacárido a partir de *Saccharomyces cerecisiae*. *Tesis de Grado.* Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Sandoval, G. L., Fernández, R. J., Terraes, J. C & Revidatti, F. A. (2004). Efectos de la suplementación con extracto de alcachofa (*Cynara scolymus L.)* y cloruro de colina sobre algunas variables bioquímicas en pollos. *InVet*. 6(1). ISSN1668-3498.

Santomá G. Estimuladores de la inmunidad. En: *XIV Curso de especialización FEDNA*. Barcelona, España. 2004. Disponible en: (www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPVII.pdf).

Sell, J. (1996). Physiological Limitations and Potential for Improvement in Gastrointestinal Tract Function of Poultry. *Journal Applied Poultry Research*. 5, 96-101.

Sell, J.L, (1997) Ultimos Avances en Nutrición de Aves, Memorias XIII Curso de Especialización FEDNA, Madrid.

Silveira, M., Monereo, S & Molina, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima. *Revista Española de Salud Publica*. 77:317-331.

Sklan, D. (2001). Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal*. 57(4),415-428.

Spencer, J. D., Touchette, K. J., Liu, H., Allee, G. L, Newcomb, M. D, Kerley, M. S & Pace, L. W. (1997). Effect of spray-dried plasma and fructooligosaccharide on nursery performance and small intestinal morphology of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 75 (suppl 1),199.

Spring, P. (2000). The effects of Dietary Mannanoligosaccharides on Cecal Parameters and the Concentrations of Enteric Bacteria in the Ceca of Salmonella-Challenged Broiler Chicks. Poultry Sicence 79: 205 – 211

Swanson, K, Grieshop, C. M, Flickinger, E. A, et al. (2002). Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. *J. Nutr.* 132,980-989.

Tabarne, C. E. (2009). Alcachofa, *Cynara scolymus.* Monografía. Perú.

Takahashi, T., Oka, T., Iwana, H., Kuwata, T & Yamamoto, Y. (1993). Biosci. Biotech. Biochem. 57,1557-1560.

Terraes, J. C., Fernández, R. J., Revidatti, F., Sandoval, G. L & Zbinden, C. (2001). Efectos de la suplementación con extracto de alcachofa (*Cynara scolymus L.)* y cloruro de colina sobre los índices productivos en pollos parrilleros sometidos a una maniobra inductora de estrés. Facultad de Ciencias Veterinarias – UNNE.

Ulmete, M. (2009). *Utilidad del extracto de hojas del alcaucil en el tratamiento de la hipercolesterolemia.* Monografía. 66 pp.

Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan, 1999. Posthatch Development of Small Intestinal Function in the Poult. Poult. Sci. 78:215–222

Van Leeuwen, P & Verdonk, J. (2004). The gastro-intestinal degradation of inulin preparations and their effects on production performance and gut microflora in calves. *Animal Sciences*. 1-31.

Van Loo, J., Cummings, J. H., Delzenne, N., Englyst, H. N, et al. (1999). Functional food properties of nondigestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project. British Journal of Nutrition 81, 121–132.

Vetvicka, V; Thornton BP, Ross GD (1996). Soluble beta-glucan polysaccharide binding to the lectin site of neutrophil or natural killer cell complement receptor type 3 (CD11b/CD18) generates a primed state of the receptor capable of mediating cytotoxicity of iC3b-opsonized target cells. *The Journal of clinical investigation* (United States: American Society for Clinical Investigation) **98** (1): pp. 50–61

Weurding, E. (2002) *Kinetics of starch digestion and performance of broiler chickens*. (Tesis Doctoral). Wageningen University, Holanda.

Williams, J, Mallet, S, Leconte, M, Lessire, M y Gabriel, I. (2008). The effects of fructooligosaccharides or whole wheat on the performance and digestive ract of broiler chickens. Br. Poutl. Sci., 49: 329-339

Xu, Z. R., Hu, C. H., Xia, M. S., Zhan, X. A & Wang, M. Q. (2003). Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci*. 82,1030-1036.

Yusrizal, Y & Chen, T. C. (2003). Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance serum cholesterol and intestinal length. Int J Poult Sci. 2,214–219.

Zhang, A. W., Lee, B. D., Lee, S. K., Lee, K. W., An, G. H., Song, K. B & Lee, C. H. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poultry Sciene*. 84(7),1015–1021.